



Análise comparativa de adubação potássica fornecida na forma líquida e sólida

Dissertação para obtenção do grau de mestre em Agricultura Sustentável

Joaquim Miguel Cruz Mendes

Professor Doutor José Manuel Rato Nunes - Orientador Interno
Investigador Auxiliar Benvindo M. Maças - Orientador Externo

Elvas 2016

Este trabalho não contempla as críticas e correcções sugeridas pelo Júri

Assinatura dos Membros do Júri:

(Presidente do Júri)

(Orientador Interno)

(Orientador Externo)

(Arguente)

Classificação Final: : _____

Agradecimentos

A realização do Mestrado em Agricultura Sustentável foi um desafio que me propus pois sabia que iria aumentar os meus níveis de conhecimento em áreas tão sensíveis como a Gestão de Resíduos e Produção Integrada.

Ao meu Orientador Interno Professor Doutor José Manuel Rato Nunes, agradeço todo o apoio dado para a realização deste trabalho, e por todo o encorajamento que sempre me transmitiu em horas mais difíceis.

Ao Investigador Auxiliar Engenheiro Benvindo Martins Maças por todos os conselhos dados e pela ajuda inestimável para a realização deste trabalho, assim como por ter permitido que o mesmo se realizasse na antiga Estação Nacional de Melhoramento de Plantas casa que sempre conheci e aprendi a respeitar.

Ao Professor Doutor Luís Loures pela paciência e pelo esclarecimento de dúvidas que teve comigo durante a realização deste trabalho.

Aos meus bons amigos Professores João Paulo Garrinhas, João Luciano, José Lagarto pela ajuda inestimável na composição do trabalho.

Aos meus Irmãos João, Mário e Zézinha por sempre me encorajarem a adquirir mais e melhores conhecimentos.

À minha mulher Fátima, pela paciência, tolerância, espírito de sacrifício familiar em consequência das minhas ausências nos fins de semana enquanto decorriam as aulas.

Aos meus saudosos Pais que certamente estariam orgulhosos por este momento da minha vida.

Do vosso amigo, muito obrigado.

Resumo

Com o objetivo de estudar a possível resposta à adubação potássica da cultura do trigo duro e da cevada em solos de barro, foi desenvolvido um ensaio que envolveu duas doses de Potássio em interação com duas doses de Fósforo e ainda duas épocas de aplicação do Potássio, em fundo, como aplicação sólida e em adubação foliar no afilhamento e enchimento do grão.

Foram avaliados os componentes da produção, a produção, e os parâmetros de qualidade tecnológica das cultivares do trigo duro – Marialva e da cevada dística – Quench.

De acordo com os resultados obtidos pode verificar-se uma ligeira tendência para a redução de produção com aplicação foliar do potássio, embora as diferenças observadas não sejam estatisticamente significativas. Nas condições do ensaio não foi possível contrariar a hipótese nula, isto é, provar a resposta à aplicação de doses crescentes de potássio e tão pouco, de forma clara, mostrar o efeito da época e forma de aplicação.

Palavras-chave: solos vermelhos, calcários, barros, adubação potássica, trigo duro, cevada, componentes da produção, produção, qualidade tecnológica.

Abstract

With the aim of studying the durum wheat and barley response to potassium fertilization on a vertisil, it was developed a field trial involving two doses of Potassium (K) interacting with two doses of Phosphorus (P) and two diferente timings of application – solid and foliar solution during tillering and grain filling.

Yield components, grain yield and thecnological parametrs where evaluated for the durum wheat variety – Marialva and malting barley Quench.

According to the results it was observed a slight trend on yield reduction when the foliar potassium solution was applied. However the observed differences are not statistically significativ. In the trial conditions was not possible to disprove the null hypothesis, *i.e.* show the crop response to potassium fertilization doses or timing of application.

Key-Words: vertisilsoils, potassium fertilization, durum wheat, barley, yield components, grain yield, technological quality.

Índice Geral

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Índice Geral	iv
Índice de Quadros	v
Índice de Figuras	vi
Abreviaturas/Acrónimos.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	3
3. OBJETIVOS	6
4. DESCRIÇÃO DO TRABALHO REALIZADO	7
4.1. Localização do ensaio.....	7
4.2 Caracterização edafo – climática	7
4.2.1. Clima	7
4.3. Solos	9
4.4. Delineamento experimental	10
4.5. Espécies e variedades utilizadas	12
4.6. Práticas culturais.....	14
4.6.1. Preparação do Solo	14
4.6.2. Sementeira do ensaio	15
4.6.3. Tratamentos com Herbicidas	15
4.6.4. Debulha.....	16
4.7. Parâmetros determinados.....	16
4.7.1 Número de espigas por m ²	16
4.7.2. Número médio de grãos por espiga	16
4.7.3. Número de grãos por m ²	17
4.7.4. Produção de grão (kg/ha).....	17
4.7.5. Peso de 1000 grãos – PMG (g).....	17
4.7.6. Massa do Hectolitro em kg/hl.....	17
4.7.7. Parâmetros de qualidade do grão	17
4.7.8. Vitreosidade do grão.....	17
4.7.9. Teor de proteína.....	18
4.7.10. Conteúdo em cinzas.....	18
4.7.11. Índice de sedimentação SDS	19
4.7.12. Pigmentos Amarelos.....	19
4.8. Tratamento estatístico.....	19
5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	20
5.1. Condições meteorológicas do ano agrícola (2010/2011)	20
5.2 Trigo Marialva.....	21
5.2. Cevada dística Quench	31
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
Bibliografia.....	37

Índice de Quadros

Quadro 1. Quantidade de Nutrientes aplicados nos diferentes tratamentos	11
--	-----------

Índice de Figuras

Fig. 1 – Ciclo do potássio (Fonte: Agrolink).....	6
Fig. 2 - Precipitação mensal do ano 2010/2011 e média de 30 anos em Elvas.....	8
Fig. 3 - Temperatura média mensal do ano 2010/2011 e média de 30 anos em Elvas.	8
Fig. 4 – Campo de ensaio	11
Fig. 5. – Esquema com os módulos de experimentação.....	12
Fig.6 – Adubador manual	12
Fig.7 – Trigo duro cv Marialva	13
Fig.8 – Cevada dística cv Quench.....	13
Fig. 9 - Adubador pendular	14
Fig. 10- Semeador mecânico	15
Fig. 11- Debulhadora individual de espigas	16
Fig. 12 - Número de espigas por m ²	21
Fig. 13 - Número de grãos por espiga	22
Fig. 14 - Número de grãos por m ²	23
Fig.15 - Peso de 1000 grãos (g)	24
Fig. 16 - Produção (kg/ha).....	25
Fig. 17 - Massa do Hectolitro (kg/hl)	26
Fig. 18 – Vitreosidade (%)	27
Fig. 19 - Proteína (%).....	28
Fig. 20 - Cinza (%).....	29
Fig. 21 - SDS.....	29
Fig. 22 - Pigmentos Amarelos	30
Fig.23 - Número de espigas por m ²	31
Fig.24- Número de grãos por espiga	32
Fig.25 – Número de grãos por m ²	32
Fig. 26 - Produção por kg/ha	33
Fig. 27 - Peso de 1000 grãos (g)	34
Fig. 28 - Massa do hectolitro (kg/hl)	35
Fig.29 - Proteína (%).....	35

Abreviaturas/Acrónimos

CTC – Capacidade de Troca Catiónica

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

GPP – Gabinete de Planeamento, Políticas E Administração Geral

KCl – Cloreto de Potássio

PAC – Política Agrícola Comum

SAC – Superfície Agrícola Cultivada

SAU – Superfície Agrícola Utilizada

URGEMP – Unidade de Recursos Genéticos, Ecofisiologia e Melhoramento de Plantas

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o planeta Terra abriga já mais de 7 mil milhões de pessoas (FAO, 2015). Segundo os especialistas, é possível alimentar uma população destas dimensões, sendo contudo necessário aumentar a produtividade quer dos solos quer das espécies animais e vegetais. Até 2050, estima-se que a população do planeta aumente para 10 mil milhões de habitantes (McCal *et al.*, 2013). Paralelamente, segundo o estudo apresentado por Foley *et al.* (2005) a curto-médio prazo perder-se-á entre 150 a 300 milhões de hectares de terra arável para a produção de alimentos devido à salinização dos solos, à erosão e ao crescimento urbano.

Para satisfazer as necessidades alimentares da população será necessário duplicar ou talvez triplicar a produção agrícola nos próximos 40 anos. Segundo von Witze *et al.* (2008) tal feito será possível, contudo “no futuro, precisaremos investir ainda mais no aumento de produtividade para satisfazermos as crescentes necessidades de alimento”. Porém, o solo será cada vez mais um fator limitante para a produção de géneros alimentares (von Witze, 2008).

Estima-se que atualmente cerca de 40% da superfície terrestre seja ocupada por solos de uso agrícola. Os cereais ocupam uma área de 16 milhões de km² e o pastoreio cerca de 30 milhões de km², verificando-se que os melhores solos e os mais férteis já estão cultivados, deixando de existir em várias regiões, reservas passíveis de utilização na produção de alimentos (Kinkartz, 2016).

Perante este problema, o aumento de produtividade dos solos de uma forma sustentável torna-se cada vez mais difícil. As pressões exercidas sobre a agricultura são maiores, verificando-se que não é possível aumentar áreas de cultivo em virtude de pressões ambientais. O solo não deve ser apenas utilizado para a produção de alimentos, devendo contribuir para um conjunto de melhorias ambientais como sejam: a redução do risco de incêndios, a conservação da água, a conservação da paisagem e da biodiversidade, e a preservação do património genético e cultural (Santos, 2013). Em Portugal, a título de exemplo, verifica-se que a evolução negativa do produto agrícola bruto se deveu a fatores como o decréscimo da superfície cultivada e a deficiente eficiência no uso de fatores de produção agrícola. Pois embora se verificassem ganhos de produtividade por hectare de superfície agrícola cultivada (Avillez, 2014), verifica-se que os fatores supracitados se revelaram mais preponderantes ao nível da evolução do produto agrícola bruto. Este cenário é ainda agravado pela progressiva redução da superfície agrícola cultivada (SAC). Em 1995, a superfície agrícola cultivada era aproximadamente 3,6 milhões de hectares,

sofrendo forte redução para cerca de 2,3 milhões de hectares em 2013. Este acentuado decréscimo deveu-se essencialmente ao desaparecimento de cerca de 40% de explorações com menos de 20 hectares de Superfície Agrícola Utilizada (SAU) e a extensificação ocorrida neste período em explorações com mais de 20 hectares de SAU predominantemente no Alentejo, resultando numa perda de cerca de 1/3 da totalidade da superfície agrícola utilizada (GPP, 2015).

Atualmente, a atividade agrícola e o mundo rural tem uma imagem positiva que pode ser potenciada beneficiando dum conjunto de incentivos previstos para as explorações agrícolas e para os jovens agricultores no âmbito da PAC 2020. Porém, urge utilizar tecnologias que visem o aumento da eficácia dos inputs agrícolas (água, energia e agroquímicos) através de uma aplicação mais oportuna, mais dirigida e mais precisa destes fatores de produção. A utilização de práticas agronómicas mais sustentáveis que possibilitem o controlo da erosão, a melhoria da estrutura e fertilidade do solo, e o aumento da capacidade de retenção da água permitirão melhorar os ecossistemas agrícolas. O cenário que temos vindo a descrever, é por demais evidente no nosso país, onde os solos aráveis e de qualidade são escassos, representando uma superfície reduzida relativamente ao total de SAU do território nacional. Entre os solos de maior fertilidade, que constituem manchas importantes de produção cerealífera em Portugal, estão os vertissolos, vulgarmente designados, por barros. Estes solos, de elevada fertilidade química, e muito ricos em potássio possuem contudo, problemas específicos que se refletem em quebras de produtividade. Entre estes problemas está a sua capacidade de disponibilizar a quantidade de potássio (K) necessária ao adequado desenvolvimento vegetal (Santos, 1996). Contudo, pese embora o facto de esta problemática não ser recente, dado que vários autores têm estudado os efeitos dos macronutrientes principais ao nível da produtividade dos cereais (Nkebiwe *et al.* 2016, Hijbeek *et al.* 2016, Herrera *et al.* 2016, Choi *et al.* 2016, Wakeel *et al.* 2016) a análise dos efeitos do potássio, apesar de amplamente estudada (Cavalcante *et al.*, 2016, Neto *et al.*, 2016, Dupas *et al.* 2016, Silva *et al.*, 2016) continua a constituir um factor limitante ao nível das produções, tanto em quantidade (Srinivasa e Chikkaramappa, 2016, Jaiswal *et al.* 2016, Ghosh *et al.* 2016, Aguiar *et al.* 2016, Fulford *et al.*, 2016), como em qualidade (Botelha *et al.* 2016, Tsialtas *et al.* 2016, Smith *et al.* 2015, Mouhamad *et al.* 2015, Xiuyi *et al.* 2016).

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO CONCEPTUAL

A produtividade de uma exploração agrícola está dependente de fatores como a água, a luz, os nutrientes, os solos, as rotações, as pragas, as doenças etc (Gerts e Raes, 2009, Deryng *et al.* 2016, Al-Kaisi e Kwaw, 2016, Meena *et al.* 2016). Na solução do solo encontramos em formas solúveis os nutrientes disponíveis para as plantas, estando grande parte deles adsorvidos aos colóides ou na fase mineral ou orgânica como elementos lentamente disponíveis. As fontes de nutrientes, o reconhecimento de cationes e anions, as condições de acidez do meio, a análise e conhecimento da disponibilidade de macro e micronutrientes, o conhecimento das carências dão-nos o diagnóstico de fertilidade do solo. No solo o azoto encontra-se em formas minerais (inorgânicas) e orgânicas tendo as primeiras uma representação muito reduzida na ordem dos 2% a 5% incluindo diversas combinações químicas de moléculas e iões. Quando na forma orgânica (95% a 98%) comporta-se como catião (NH_4^+) e como anião (NO_3^-), sendo estas formas pelas quais o azoto é absorvido através das raízes sendo estas transformações realizadas por bactérias dos géneros nitrobacter e nitrossomas (Geissler *et al.* 2016, McRoberts *et al.* 2016, Verzeaux *et al.* 2016). Na planta (com exceção das leguminosas) o azoto tem uma ação muito visível, manifestando esta depois da sua aplicação grande exuberância (Santos, 2001), sobre a cor verde escura, sobre o desenvolvimento radicular (Dathe *et al.* 2016, Pooter *et al.* 2016) originando melhor absorção de nutrientes do solo. A deficiência em azoto origina nas gramíneas paralisação do crescimento, baixos níveis de proteínas nas sementes e nas partes vegetativas, colorações amarelo-esverdeados, folhas mais pequenas, caules mais finos, deficiente ramificação, etc. O fósforo na planta, é importante na formação do ATP (trifosfato de adenosina) principal fonte de energia libertada na hidrólise sendo utilizada na absorção de nutrientes e síntese dos lípidos. O fósforo, é indispensável para o crescimento da planta dado a grande importância que tem no aumento do sistema radicular tendo influência na captação pela planta de mais água e mais nutrientes. O fósforo no solo apresenta-se na forma orgânica e em inúmeras formas inorgânicas. Grande parte do fósforo inorgânico ocorre na fração argilosa do solo encontrando-se ligado ao cálcio, ferro, e alumínio por formar complexos com os mesmos. A deficiência em fósforo pode manifestar-se de várias formas: menor crescimento da planta, menores espigas no milho com cor púrpura avermelhada e caules mais finos etc.

O potássio (K) é, a seguir ao azoto (N) e ao cálcio (Ca), o elemento absorvido em maiores quantidades pelas plantas (Hu *et al.* 2016, Moterle *et al.* 2016, Dotaniya *et al.* 2016, Wang *et al.* 2016, Magalhães *et al.* 2016, Heba *et al.* 2016). O seu conteúdo na planta varia entre 0,6 a 6%,

tendo especial importância no crescimento das plantas, no desenvolvimento e qualidade do grão, desempenhando ainda papel relevante na síntese celular, no metabolismo do azoto e síntese das proteínas, nas relações hídricas, na ativação de várias enzimas e na resistência das plantas aos insetos e doenças (Mengel e Kirkby, 1987; Mullins e Burmester, 1998; e Meena, *et al.* 2015). De facto de acordo com Santos (2001, p.102) “o potássio continua a ser um elemento essencial, desempenhando importantes funções no metabolismo vegetal, em particular no que se refere à síntese dos glúcidos e das proteínas activação de enzimas, relações hídricas da planta, melhoria de diversos aspetos da qualidade dos produtos, etc.”. No metabolismo dos glúcidos, o potássio tem muito interesse em culturas cujo fim é aproveitar reservas hidrocarbonadas, como a beterraba sacarina (*Beta vulgaris*) e a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). O potássio intervém em várias etapas da fotossíntese (Zhang *et al.* 2016) ao regular a abertura necessária dos estomas para a entrada do dióxido de carbono, permite que as folhas se movam em orientação à luz, influenciando ainda o transporte de água nas plantas. Por outro lado, contribui para aumentar a resistência à acama, contrabalançando os efeitos nefastos de altas aplicações de azoto nos cereais, sendo que quando aplicado em níveis elevados favorece a absorção do azoto e a sua conversão em proteínas (Varenes, 2003). A insuficiência em potássio segundo Pettigrew (2008) provoca o aparecimento de áreas foliares mais diminutas na planta sendo o fenómeno da fotossíntese mais reduzido por menor interceção solar. Também, devido à escassez deste nutriente, verifica-se uma mais lenta abertura e fecho do mecanismo dos estomas resultando maiores perdas de vapor de água, daí resultando plantas mais sensíveis ao “stress hídrico”, aspeto de extrema relevância em culturas de sequeiro especialmente em anos secos (Varenes, 2003).

Sabe-se que a quantidade de potássio removido do solo por um determinado tipo de cultura depende, da parte ou partes da planta removidas durante a colheita (Mullins e Burmester, 1998), sendo que as culturas forrageiras retiram em norma maiores quantidades de potássio do solo do que as culturas fibrosas, em que só é removido o grão ou a fibra. Na cultura do milho (*Zea mays* L.) a maior acumulação de potássio ocorre antes da colheita (Karlen *et al.* 1988). Por outro lado, a soja (*Glycine max* L.) só tem a maior acumulação de potássio passada a floração (Karlen *et al.*, 1982). Ao contrário, no trigo (*Triticum* spp.), a maior necessidade de potássio ocorre passada a fase de crescimento rápido (Gregory *et al.*, 1979). Tal como o milho e a soja a cultura do trigo pode beneficiar de uma adubação potássica quando os níveis deste nutriente no solo se revelam baixos (Sweeny *et al.* 2000). Com efeito, mesmo em solos que têm elevadas quantidades de potássio quer em formas estruturais como constituintes dos minerais de argila, quer em formas

permutáveis com interesse ao nível da nutrição das plantas, estudos recentes (Lalitha e Dhakshinamoothy, 2014) indicam que este potássio permutável é retido nas argilas que constituem o solo com uma força que não permite o fácil acesso das plantas a este nutriente. As formas no solo por ordem inversa da sua disponibilidade para as plantas são: potássio na estrutura dos minerais, potássio fixado em coloides minerais, potássio adsorvido em coloides minerais e orgânicos e potássio na solução do solo (Sparks, 2000). Na estrutura dos minerais, e nomeadamente nos feldspatos e micas, encontramos potássio numa forma de reserva podendo ser apenas utilizado quando aqueles materiais se alterarem (Santos, 2001). As plantas não podem utilizar o potássio nestas formas insolúveis. No entanto, com o tempo e respondendo a processos lentos de meteorização, os minerais libertam pequenas quantidades de potássio para a solução do solo. O potássio fixado tem muitas vezes duas formas: o que está bem-adaptado devido ao tamanho às cavidades hexagonais, sendo também designado por “potássio da malha”, e o “interlamelar” encontrando-se nos espaços intercamadas dos minerais. No solo os minerais de argila têm a capacidade de fixar o potássio, não estando este disponível para as plantas, acresce que a profundidade do solo e o abastecimento de camadas mais profundas pode ter um papel importante no que concerne à disponibilidade de potássio (Bazelet e Freigen, 1998). As alterações da humidade no solo originam que o potássio fixo se liberte para as raízes por difusão na solução do solo, de acordo com o tipo de cultura e variedade (Roldan *et al.*, 2004). O potássio de troca ou adsorvido em coloides minerais e orgânicos é uma forma de potássio disponível no solo que as plantas podem extrair facilmente. Esta fração de potássio é absorvida na superfície das partículas de argila e matéria orgânica do solo. Encontramo-la em equilíbrio com a solução do solo e desloca-se rapidamente quando as plantas absorvem o potássio da solução do solo. O potássio no complexo de troca ou na solução do solo, é aquele que está dissolvido e está imediatamente disponível para as plantas, podendo ser facilmente lexiviado (Sparks, 2000., Santos, 2001) em solos de baixa capacidade de troca catiónica, em virtude de não apresentar retenção química pois não forma com os outros constituintes normais da solução de solo solubilidade baixa para impedir o arrastamento. O cloreto de potássio (KCl) é a fonte mineral comercial mais usada como matéria-prima para a obtenção de adubos potássicos com 60% de K_2O , existindo ainda outras formas como o sulfato de potássio (K_2SO_4) com 50% de K_2O , sulfato de potássio e magnésio ($K_2.2Mg$) SO_4 com 40% de K_2O , e o nitrato de potássio (KNO_3) com 46% de K_2O . Depois de análises de solo, as recomendações em potássio podem ser de 0, 15, 30, 45 e 60 kg/ha de K_2O em função deste nutriente se encontrar alto, médio ou baixo na sua composição química. Assim, e resumindo, sendo o potássio um macronutriente que não faz parte da estrutura química das plantas, desempenha um papel determinante na regulação das funções

vitais das mesmas. A deficiência deste elemento pode causar uma redução no potencial produtivo, na qualidade das culturas mesmo antes dos sintomas serem visíveis (Fig.1).

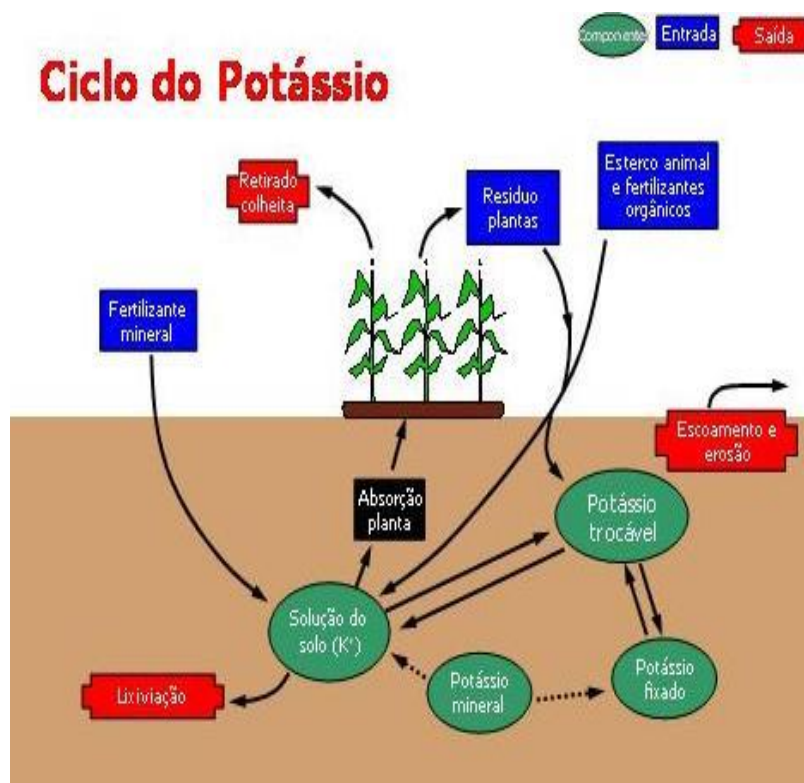


Fig. 1 – Ciclo do potássio (Fonte: Agrolink)

3. OBJETIVOS

Os vertissolos exibem normalmente elevada capacidade de troca catiónica (CTC), com alto teor de potássio disponível, mas com baixa percentagem de saturação. Nestas condições, a produtividade revela-se inferior ao esperado, denunciando problemas de nutrição potássica. Deste modo apesar dos resultados de análises do solo revelarem elevado teor de potássio disponível, pode observar-se resposta à adubação com fertilizantes que contenham este nutriente. Para testar esta hipótese foi delineado o ensaio cujos resultados se apresentam no presente trabalho.

4. DESCRIÇÃO DO TRABALHO REALIZADO

4.1. Localização do ensaio

O ensaio de campo foi realizado na Herdade do Passinho, terreno pertencente à Unidade Estratégica de Investigação e Serviços de Biotecnologia e Recursos Genéticos (UEISBRG) do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), Estação de Melhoramento de Plantas situado em Elvas. A zona onde se encontra o ensaio apresenta uma altitude aproximada de 219 m sobre o nível do mar, com as coordenadas de Lat. 38°53'15'' N; Long. 07°08'42'' W.

O ensaio foi realizado no ano agrícola de 2010-2011 influenciado por um clima semiárido mediterrânico.

4.2 Caracterização edafo – climática

4.2.1. Clima

O clima da Região de Elvas é um clima temperado sem queda regular de neve, com um verão quente e chuva abundante no período invernal. Segundo Köppen (1936) caracteriza-se por ser um clima mesotérmico húmido, com uma estação seca e quente no verão; atinge temperaturas superiores a 22 °C no mês mais quente e entre 0 e 18 °C no mês mais frio. Segundo Thornthwait (1948) o clima é mesotérmico ou temperado (evapotranspiração potencial de 714 a 845 mm), moderado (eficácia térmica no verão superior a 48%), subhúmido seco (índice hídrico compreendido entre -20 e 0%) tendo excesso de água no inverno (Reis e Gonçalves, 1987). Na Fig. 2 podemos observar a distribuição da precipitação anual e mensal e na Fig. 3 a temperatura (temperatura média) do ano agrícola de 2010-2011 e a média dos últimos 30 anos em Elvas (Figs. 2 e 3).

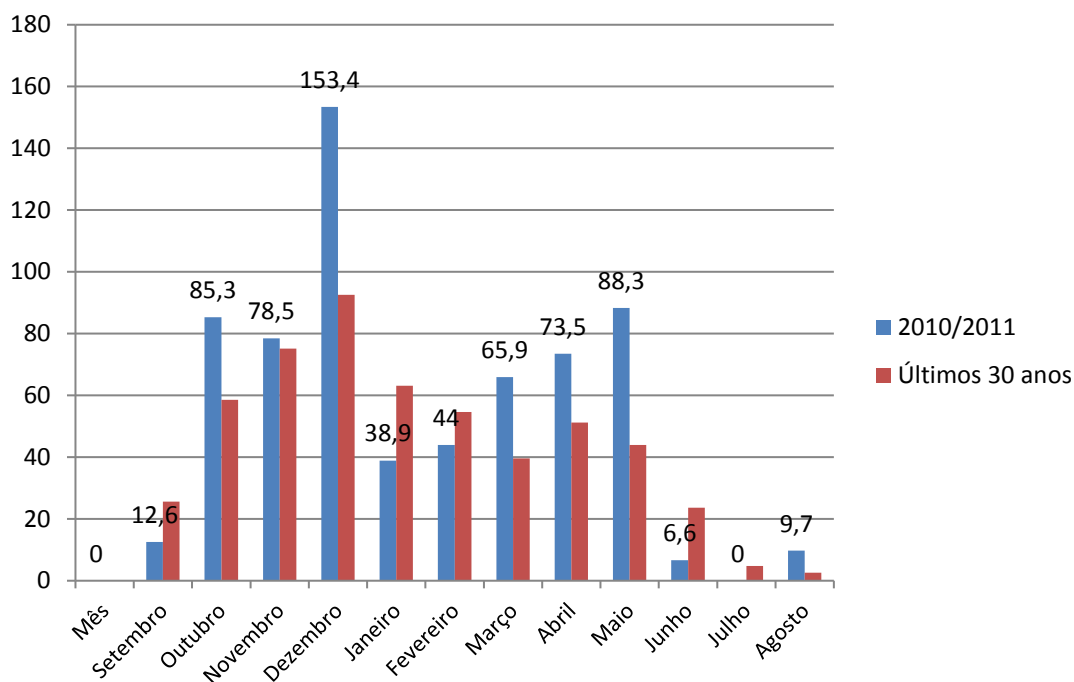


Fig. 2 - Precipitação mensal do ano 2010/2011 e média de 30 anos em Elvas
(Fonte INIAV Elvas)

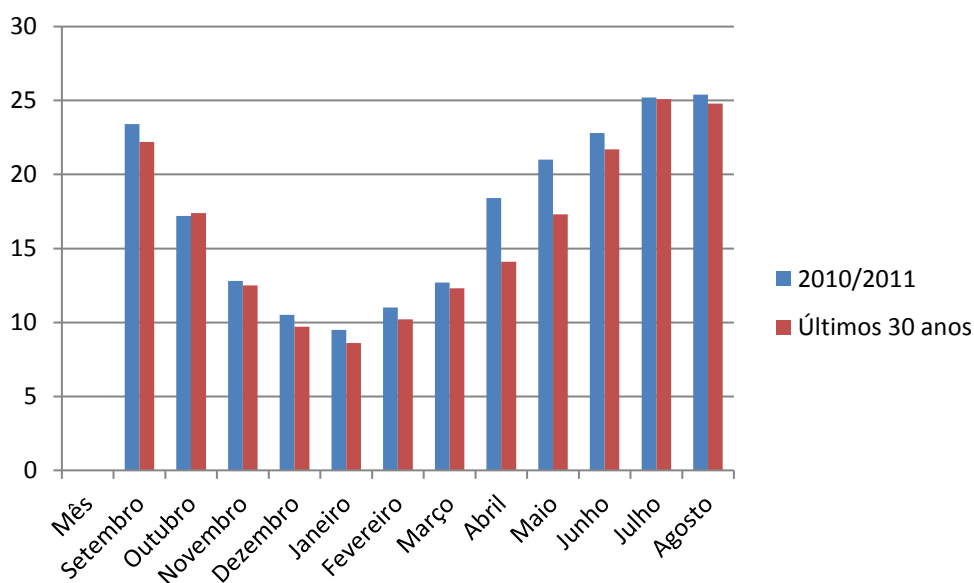


Fig. 3 - Temperatura média mensal do ano 2010/2011 e média de 30 anos em Elvas.
(Fonte INIAV Elvas)

Dados climáticos médios dos últimos 30 anos na Região de Elvas

- Temperatura média anual: 17,9 °C
- Temperatura mínima média anual: 10,4 °C
- Temperatura máxima média anual: 23,9 °C

- Temperatura média do mês mais frio: 8,5 °C
- Temperatura média do mês mais quente: 25,7°C
- Duração média do período de geadas (segundo o critério de L. Emberger): 3-4 meses
- ETP média anual: 950 mm
- Precipitação média anual: 507 mm
- Déficit médio anual: 443 mm
- Duração média do período seco: 3-4 meses
- Precipitação de primavera: 100-110 mm (24%)
- Precipitação de verão: 30-40 mm (6%)
- Precipitação de outono: 190-200 mm (42%)
- Precipitação de inverno: 120-130 mm (28%)
- Número de dias de chuva: 61 dias
- Número de dias de trovoadas: 13 dias
- Número de dias de geadas: 21 dias
- Número médio anual de dias limpos: 106 dias
- Número médio anual de horas de sol: 2830 horas

4.3. Solos

O solo onde foram instalados os ensaios está cartografado, segundo Carvalho Cardoso (1965), como um complexo de solos Vc + Cpv descritos por este autor como, solos calcários, vermelhos de calcários associados a dioritos ou gabros ou rochas cristalofílicas básicas e barros castanho – avermelhados.

Solos calcários vermelhos de calcários associados a dioritos ou gabros ou rochas cristalofílicas básicas (Vc)

Horizonte Ap – 25 a 40 cm; cor pardo - avermelhado ou vermelho; textura franco – argilosa ou argilosa calcário; estrutura granulosa média moderada, por vezes agrupada em anisoforme; consistência firme; efervescência viva ou muito viva ao HCL; pH de 7,5 a 8,5; transição nítida ou gradual; fendilha quando seca.

Horizonte C – Calcário quase sempre não compacto, friável ou não, nalguns casos com nódulos não endurecidos, misturado com materiais não calcários provenientes de dioritos, de gabros ou rochas eruptivas ou cristaloficas básicas ou arenitos argilosos calcários ou margas. Na sua parte superior existe, por vezes, um horizonte Cca quase sempre não endurecido.

Barros Castanho Avermelhados, calcários (Cpv)

Horizonte Ap – 25 a 40 cm; cor castanho – avermelhado; textura argiloso a franco – argilo – limoso; estrutura granulosa grosseira forte ou anisoforme angulosa média e grosseira forte, composta de granulosa média a grosseira moderada a forte; consistência firme e rijo ou extremamente rijo; efervescência ao HCL somente nas porções calcárias; por vezes com pequenas concreções ou acumulações esféricas brandas de calcário; pH de 7,0 a 8,5; transição nítida; fendilha quando seca.

Horizonte B – 45 a mais de 100 cm; cor semelhante à do Ap mas de croma ligeiramente superior., textura argiloso; estrutura prismática grosseira forte por vezes composta de anisoforme angulosa média forte; com concreções e acumulações de calcário cujo número e tamanho aumentam com a profundidade, chegando a predominar na massa do solo; transição gradual.

Horizonte BCca – 10 a 20 cm., pH de 8 a 8,5; tem uma mistura de material idêntico ao da porção superior do horizonte B com material do horizonte subjacente.

4.4. Delineamento experimental

Os talhões (Fig.4 e 5) foram distribuídos aleatoriamente em três repetições. Cada parcela ocupou uma área de 30m² (3m x 10m). Os fertilizantes (Quadro 1) foram distribuídos recorrendo à utilização de um adubador manual (Fig. 6) para assegurar uma distribuição uniforme. Para a adubação foliar utilizou-se um pulverizador de dorso com motor para aplicar a solução de cloreto de potássio diluído a 2,5%.



Fig. 4 – Campo de ensaio

Quadro 1. Quantidade de Nutrientes aplicados nos diferentes tratamentos

	N(kg/ha)	P(kg/ha)	K(kg/ha)
Modalidades			
P0K0(1)	(30+54)*	0	0
P1K0(2)	(30+54)*	50	0
P1K1(3)	(30+54)*	50	50
P1K2(4)	(30+54)*	50	100
P1K3(5)	(30+54)*	50	50**
P1K4(6)	(30+54)*	50	100**
P2K1(7)	(30+54)*	100	50
P2K2(8)	(30+54)*	100	100
P2K3(9)	(30+54)*	100	50**
P2K4(10)	(30+54)*	100	100**

* Aplicação em fundo e cobertura

** Aplicação na forma líquida no afilhamento e enchimento do grão

Herdade do Passinho													
3º	Repetição	Bordadura	7	6	2	1	4	5	8	10	3	5	Bordadura
2º	Repetição	Bordadura	10	3	2	5	6	9	10	3	7	4	Bordadura
1º	Repetição	Bordadura	9	6	7	1	9	1	8	4	8	2	Bordadura
		P0K0-1	P1K0-2		P1K1-3		P1K2-4		P1K3-5				
		P1K4-6	P2K1-7		P2K2-8		P2K3-9		P2K4-10				

Fig. 5. – Esquema com os módulos de experimentação



Fig.6 – Adubador manual

Foram utilizados adubos simples que garantiram a aplicação exata do nutriente em causa. Assim o **azoto** usou-se em fundo na forma de iões de amónio (NH_4) 2SO_4 com 20,5% de N. Para a adubação em fósforo recorreu-se ao Superfósforo 18% (P_2O_5 18%). O **potássio** foi utilizado na forma de cloreto de potássio (K_2O , 60%).

4.5. Espécies e variedades utilizadas

Neste estudo utilizaram-se duas espécies- trigo duro (*Triticum turgidum* Desf.) e cevada dística (*Hordeum vulgare* var. *distichom*) com as variedades Marialva (Fig.7) e Quench (Fig. 8)

respetivamente. A variedade Marialva inscrita no Catálogo Nacional de Variedades foi seleccionada no programa de melhoramento do INIAV – Elvas. Trata-se de uma variedade de hábito de Primavera com boa adaptação às condições Mediterrânicas. A variedade Quench proveniente do programa de melhoramento da empresa Syngenta foi utilizada pelo seu elevado potencial genético de produção, e porque se encontrava em processo de seleção para integrar a lista de variedades de cevada dística para malte da Associação Portuguesa dos Produtores de Cerveja.



Fig.7 – Trigo duro cv Marialva



Fig.8 – Cevada dística cv Quench

4.6. Práticas culturais

4.6.1. Preparação do Solo

A preparação do solo teve como objetivos eliminar infestantes, preparar a cama da semente e assegurar condições físicas adequadas para a sementeira. Estas operações de preparação do solo para ser realizadas obedecem a fatores como a textura do solo, e a presença ou ausência de espécies espontânea. Assim realizaram-se duas passagens cruzadas de escarificador seguidas de uma passagem de grade de discos tendo-se eliminado os torrões. A adubação de fundo foi incorporada através de uma passagem de vibrocultor ligeiro.



Fig. 9 - Adubador pendular

Aplicou-se, em cobertura no dia 24 de Fevereiro, distribuído a lanço através da utilização de adubador pendular (Fig. 9) a quantidade de 200 kg de adubo mineral com 27% de Azoto total (13,5% Azoto Nítrico e 13,5% Azoto Amoniacal) quando as culturas se encontravam em afilhamento.

Coberturas líquidas (no afilhamento e enchimento do grão):

K3 – dose líquida foliar (0, 125kg/talhão) No afilhamento em 24 Março de 2011

K4 – dose líquida foliar (0,250kg/talhão)

K3 – dose líquida foliar (0,125kg/talhão) No enchimento do grão em 20 Abril 2011

K4 – dose líquida foliar (0,250kg/talhão)

4.6.2. Sementeira do ensaio

O ensaio foi semeado no dia 29/12/2010 com uma densidade de sementeira de 450 sementes viáveis para o trigo duro e 400 sementes viáveis para a cevada dística por m²), utilizando-se um semeador mecânico marca Amazon, modelo D 9 3000 (Fig.10). A largura de trabalho deste semeador é de 3,0 m, tendo uma tremonha de semente com capacidade para 450 l, distribuindo-se a semente em 21 linhas com espaçamento entre si 0,142 m. Como forma de abrir o sulco este semeador tem um disco de aço resistente, colocando a semente a 0,06 m de profundidade. A semente foi coberta através de uma grade de bicos arrastada no semeador.



Fig. 10- Semeador mecânico

4.6.3. Tratamentos com Herbicidas

Para controlo das infestantes presentes foram utilizadas as seguintes substâncias ativas no dia 23 de Fevereiro para as cultivares em estudo:

Trigo – Grânulos dispersíveis (WG) em água com 0,6% (p/p) de iodo-sulfurão-metilo sódio, 3% (p/p) de mesosulfurão- metilo e 9% (p/p) de mefenir –dietilo na dosagem de 400g/há.

Cevada – Diclofop 24% fenoxoprop-p-etil 2%+mefenpir dietil 4% na dosagem de 2,5l/ha, e solução aquosa (SC) com 325g/l de 2,4D e 325g/l de MCPA (sais de demetilamina) na dosagem de 1l /ha.

4.6.4. Debulha

A debulha foi realizada com uma ceifeira-debulhadora específica para ensaios da marca Winterstaiger.

4.7. Parâmetros determinados

4.7.1 Número de espigas por m²

O talhão foi dividido numa quadrícula regular de 1m² (1mx1m) no sentido de poder definir aleatoriamente 3 amostras de 1m² cada. Com vista à seleção de amostragem utilizou-se o software Meth Goodies- Custom Random Number Generator para selecionar 3 números de 1 a 30 que foram aqueles onde se fizeram as contagens.

4.7.2. Número médio de grãos por espiga

Colheram-se 50 espigas aleatoriamente dentro da área talhão sendo posteriormente debulhadas uma a uma, por uma debulhadora individual de espigas (Fig.11).



Fig. 11- Debulhadora individual de espigas

4.7.3. Número de grãos por m²

Este parâmetro foi calculado pelo produto do número médio de grãos por espiga com o número de espigas por m².

4.7.4. Produção de grão (kg/ha)

Os valores da produção de grão resultam do peso do grão que se obteve depois da colheita de toda a parcela (30m²), de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Produção de grão (kg/ha)} = (\text{Peso do grão da parcela (kg)} / 30\text{m}^2) \times 10000\text{m}^2$$

4.7.5. Peso de 1000 grãos – PMG (g)

Para a determinação deste parâmetro utilizou-se um contador fotoelétrico de grãos da marca PFEUFFER. Pesou-se uma amostra de 1000 grãos numa balança de precisão. Os valores são indicados em gramas. (Definição através de norma: ISSO,520.2010. Cereals and Pulse – Determination of the mass of 100 grains, International Standardization Organization, p 10.)

4.7.6. Massa do Hectolitro em kg/hl

Este parâmetro revela o peso específico do grão. Determina-se com a ajuda de um citómetro eletrónico do tipo Kern, através do volume do grão. O valor é expresso em kg/hl. Como medida discriminatória da qualidade no trigo duro em virtude do peso específico, podemos definir as seguintes classificações:

Peso Hectolitro \geq 78 Trigo duro classe A

Peso Hectolitro \geq 77 Trigo duro classe B

4.7.7. Parâmetros de qualidade do grão

Para avaliar a qualidade do grão do trigo duro, realizaram-se as seguintes determinações: Vitreosidade do grão, Proteína, Índice de Sedimentação (SDS), Cinzas, e determinação de Pigmentos Amarelos. Para a cevada dística realizou-se a Proteína.

4.7.8. Vitreosidade do grão

O trigo duro de boa qualidade deve ser vítreo, apresentando cor âmbar e uma superfície de corte translúcida. Avaliou-se realizando um corte transversal no grão com o granómetro de Pohl,

utilizando-se um método prático adaptado da Norma Portuguesa 1870 (1982). Considerou-se que um grão não é vítreo quando apresenta pontos amiláceos no endosperma ou um corte translúcido. A percentagem de vitreosidade foi calculada num total de 100 grãos analisados:

Os valores de qualidade definidos para este parâmetro:

Classe A ≥ 80

Classe B ≥ 65

(Definição através de norma: N P 1870: 1991. Cereais. Trigo Duro – Determinação do teor de grãos não totalmente vítreos (“bragados”). Processo de referência. Instituto Português da Qualidade, p. 5).

4.7.9. Teor de proteína

O conteúdo em proteína bruta determinou-se segundo o método de Kjeldhal, Norma Portuguesa 1996 (2000), adaptada ao sistema Kjeltex de Tecator (1987). O conteúdo de azoto por este método (g de N por g de amostra) multiplicou-se pelo fator 5,7 para determinar a percentagem de proteína na substância seca, que depois de se corrigir através da percentagem de humidade da amostra, expressou-se finalmente em substância seca. Como medida discriminatória da qualidade, em função do conteúdo em proteína, podem-se definir-se os seguintes parâmetros:

Proteína m.s.% ≥ 12 Trigo Duro classe A

Proteína m.s.% $\geq 11,5$ Trigo Duro classe B

(Definição através de norma: ISSO, 20483,2006. Cereals and Pulses – Determination of the Nitrogen Content and calculation of the Crude Protein Content – Kjeldahl Method, International Standardization Organization, p.13.)

4.7.10. Conteúdo em cinzas

A determinação do conteúdo em cinzas foi realizada mediante a inceneração de uma amostra de farinha numa atmosfera oxidante a uma temperatura de 900 ± 10 °C, até à combustão completa das matérias orgânicas e posterior determinação do resíduo obtido. Tudo isto respeitando a Norma Portuguesa 519 (1993). Os valores são apresentados em ppm de resíduo obtido. Os valores definidos para este parâmetro são:

Cinzas m.s.% $\leq 1,9$

(Definição através da norma: NP, 519.1993. Cereais e derivados. Determinação do teor em cinza a 900°C. Processo corrente. Instituto Português da Qualidade, p 5.)

4.7.11. Índice de sedimentação SDS

Este índice dá-nos uma boa estimativa da força do glúten e baseia-se na medida do volume de sedimentação que uma amostra de farinha produz ao reagir ao ser agitada com uma solução de dodecil sulfato de sódio (SDS) e ácido láctico. Esta metodologia é muito utilizada em programas de melhoramento e qualidade das primeiras gerações porque utiliza somente 1 g de farinha integral.

(definição através da norma: Dick e Quick, 1983).

4.7.12. Pigmentos Amarelos

O desenvolvimento de cultivares com altas ou baixas concentrações de pigmentos amarelos depende do produto final desejado, tendo o trigo duro normalmente um grão âmbar vitroso, que produz sêmola amarela e confere, em consequência, uma cor amarelo brilhante à massa (Trocoli *et al.*, 2000., Elouafi *et al.* 2001). Os pigmentos carotenóides, principalmente xantofilas e compostos flavonóides são responsáveis da cor amarela do grão de trigo e dos seus produtos de moenda (sêmola ou farinha) (Lepage e Sims, 1968).

(Definição através da norma: ISO, 11052, 2006).

4.8. Tratamento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi um tratamento fatorial com dois fatores em estudo (quantidade e formulação potássica utilizada). O delineamento experimental utilizado em qualquer dos dois ensaios realizados foi um fatorial completamente casualizado. De cada modalidade em estudo foram realizadas três repetições. O tratamento estatístico dos resultados foi realizado recorrendo ao software SPSS versão 23 e constituiu numa ANOVA seguida de comparação múltipla de médias pelo teste de DUNCAN para um nível de significância de 95%.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

5.1. Condições meteorológicas do ano agrícola (2010/2011)

A apresentação dos dados meteorológicos referentes ao ano agrícola tem como objetivo mostrar até que ponto a variação climática interanual da nossa região pode influenciar uma série de parâmetros do desenvolvimento do trigo e cevada como pode marcar profundamente alguns dos índices tecnológicos que tanta importância tem para estas espécies.

Todos os valores climatéricos foram obtidos na estação meteorológica instalada no INIAV-Elvas, que se encontra muito próxima do local onde se instalou o ensaio objeto deste estudo. Nas Figuras 2 e 3 apresentam-se os valores referentes à precipitação mensal do ano 2010/2011 e respetiva média dos últimos 30 anos, assim como os valores das temperaturas médias do ano em estudo e o valor dos últimos 30 anos na zona de Elvas. A precipitação do ano de ensaio foi bastante díspar podendo-se considerar o ano agrícola 2010/2011 como um ano chuvoso. O ano agrícola de 2010/2011 teve uma precipitação total de 644mm (Fig.2) não existindo meses com stress hídrico concentrando-se valores de precipitação anormais nos meses de dezembro (153,4mm), março (65,9mm), abril (73,5mm) e maio (88,3mm) em relação à média dos últimos 30 anos o que poderá ter originado a perda de vitreosidade por parte do trigo duro. Esta quantidade de chuva pouco frequente na nossa região originou uma data tardia da sementeira do trigo duro e cevada dística (29/12/2010). Acresce que as duas aplicações de potássio líquido nas datas de 24 de março e 20 de abril poderão ter tido menos eficácia do que o esperado em virtude de nos dias seguintes ter ocorrido precipitação e o nutriente não ter sido absorvido pelas plantas convenientemente nas quantidades necessárias. No que se refere a temperaturas, podemos destacar que a média do ano 2010/2011 foi mais alta que a média dos últimos 30 anos, tendo-se verificado subidas muito acentuadas nos meses de abril (+ 4,3 °C) e maio (+ 4,1 °C) o que poderá ter também influenciado negativamente o normal enchimento do grão com consequências diretas para o peso de 1000 grãos na cevada dística.

5.2 Trigo Marialva

Número de espigas por m²

Pela análise ao número de espigas por m² (Fig.12), podemos observar que para a dose de fósforo (P1) a aplicação de doses crescentes de potássio (P1K2), (P1K3) e (P1K4) conduziram a uma tendência nítida, **embora não significativa** do ponto de vista estatístico do número de espigas obtido. Para esta dose de fósforo podemos ainda constatar que a aplicação de potássio em formulações líquidas (K3 e K4) é mais eficiente do que a aplicação das mesmas quantidades deste nutriente na fórmula sólida. De fato na análise de resultados verifica-se que para a dose mais baixa de fósforo (P1) a aplicação da dose de potássio (K3) na forma líquida conduziu a um número de espigas superior aquela que se obteve com a aplicação da dose dupla de potássio em formulação sólida (P1K2), embora os resultados obtidos não primem por diferenças significativas. Para a dose dupla de fósforo (P2) a primeira constatação é que o número de espigas **difere significativamente** do número de espigas obtido para a dose simples de fósforo (P1).

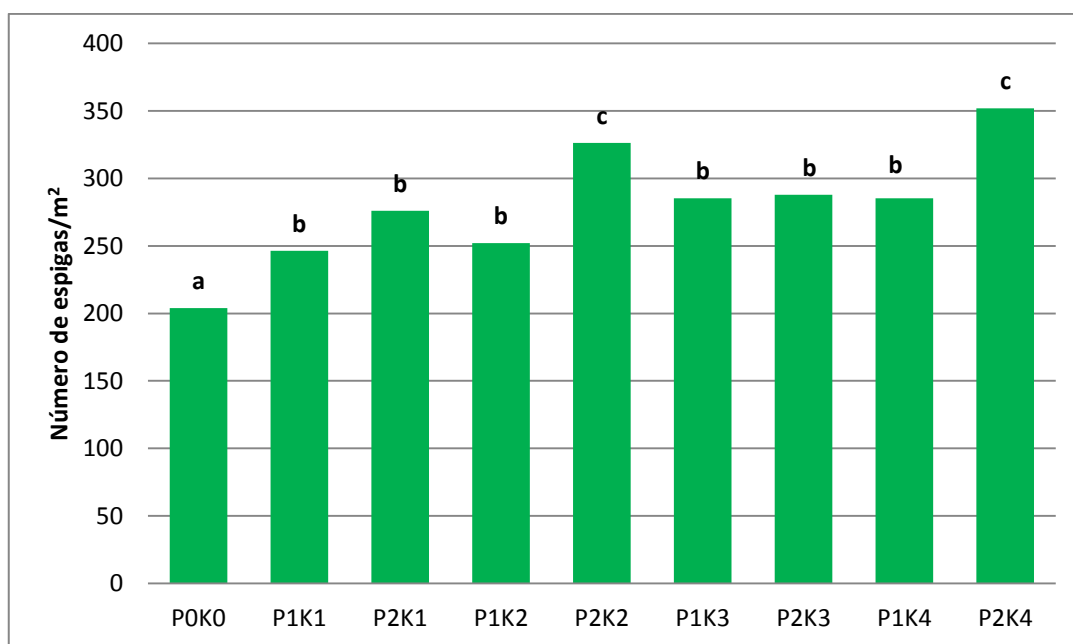


Fig. 12 - Número de espigas por m²

Neste parâmetro em particular, verifica-se assim uma resposta à aplicação de maiores quantidades de fósforo quando se aplica a dose **dupla de K**. Para a dose **dupla de fósforo** à semelhança do verificado para a dose simples deste nutriente constatamos que o número de espigas tende a crescer significativamente neste caso com o **aumento** da dose de K aplicada.

Também neste caso observamos que a aplicação de **formulações líquidas de K** (K3 e K4) conduziu sempre a um número de espigas superior ao registado quando se aplicaram doses idênticas deste nutriente na **forma sólida** (K1 e K2), com excepção da dose dupla sólida (P2K2). Os resultados obtidos levam-nos a concluir que **existe de facto uma resposta à aplicação de K com doses mais elevadas de fósforo** no que diz respeito a este parâmetro mesmo nestes solos considerados ricos neste nutriente. A justificação para este resultado prende-se como já havíamos salientado na revisão bibliográfica com a enorme capacidade destes solos ricos em argilas 2:1 fixarem este nutriente nos espaços intra-lamelares, ficando este inacessível para as plantas. Prova adicional deste facto é que a aplicação das mesmas quantidades de potássio em formulações líquidas, portanto mais acessíveis à absorção por parte das plantas **conduziu a um aumento do número de espigas**, independentemente da quantidade de fósforo aplicada (o que se prova estatisticamente pela ausência de interligação entre os dois fatores em análise $P \leq 0,05$).

Número de grãos por espiga

O **número de grãos por espiga** (Fig.13) reflete o produto de número de espigas por m^2 com o número de grãos por espiga. Neste parâmetro é possível encontrar fenómenos de compensação entre os dois componentes anteriores. Observa-se de forma pouco acentuada que quando o número de espigas por m^2 é inferior a tendência é que o número de grãos por espiga aumente. Constatamos que em média é a **modalidade P2K1** que apresenta os valores mais baixos, **sendo significativamente inferiores** aos registados nas modalidades **P1K3, P2K3 e P2K4**.

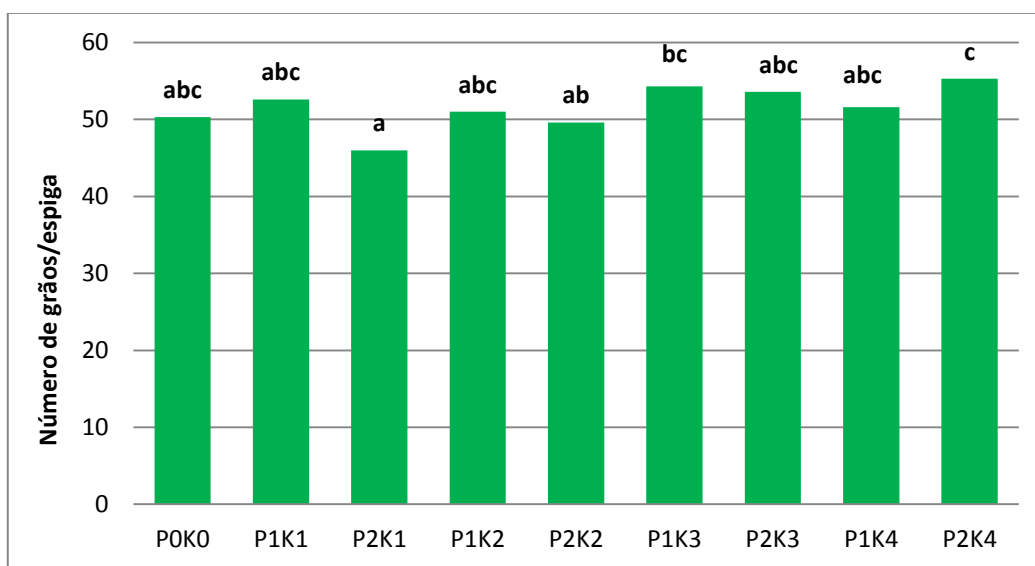


Fig. 13 - Número de grãos por espiga

Contudo se quisermos encontrar uma relação entre os valores obtidos neste parâmetro e as quantidades ou tipos de formulação do potássio aplicado, verificamos que para a dose de fósforo (**P1**) o aumento da dose de potássio revela-se não conclusivo existindo uma tendência de variação dos resultados **não significativos** estatisticamente.

Para a dose dupla de fósforo (**P2**), o aumento da dose de potássio quer na forma sólida (**K2**), quer na forma líquida (**K3 e K4**) revela-nos um aumento do número de grãos por espiga observando-se um resultado **significativamente diferente** entre a formulação sólida (**P2K2**) e a formulação líquida (**P2K4**). A explicação para isto prende-se com o facto de esta adubação ter sido efetuada em cobertura no afilhamento do trigo e pode ter contribuído positivamente para a obtenção deste resultado.

Número de grãos por m²

Este parâmetro como referido anteriormente foi calculado pelo produto do número médio de grãos por espiga com o número de espigas por m². Ao observarmos atentamente verificamos que **não se obtiveram resultados significativamente diferentes**.



Fig. 14 - Número de grãos por m²

Este resultado (Fig.14) para o qual não conseguimos encontrar explicação pois obtivemos valores semelhantes com níveis de fósforo iguais (**P1**), combinados com níveis de potássio diferentes (**K1 e K4**), quer na forma, quer na quantidade. Em relação à dose dupla de fósforo (**P2**) verificamos um aumento gradual do número de grãos por m² quando aumentamos os níveis de potássio (**K2, K3, K4**), valor que **não é significativamente diferente**. Estes resultados são diferentes dos resultados apresentados por alguns autores que nos indicam existir uma resposta positiva ao número de grãos por m² quando utilizados adubos que contenham este nutriente (Khan *et al.* 2015).

Peso de 1000 grãos

O peso do grão é a componente da produção que é determinada nas últimas fases do ciclo vegetativo das plantas, refletindo as condições ambientais durante o enchimento do grão. Dos componentes da produção o peso do grão é aquele que apresenta um maior determinismo genético.

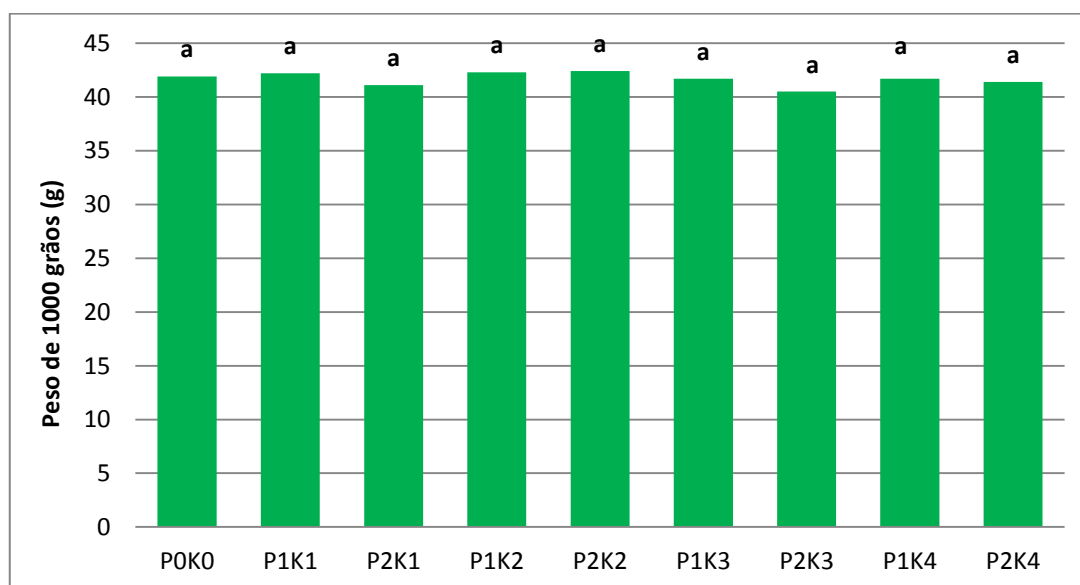


Fig.15 - Peso de 1000 grãos (g)

Nas condições do ensaio (Fig.15), **não se verificaram diferenças significativas** entre as modalidades em estudo, apesar de estes resultados contrariarem estudos de vários autores (Delchev *et al.* 2015., Khan *et al.* 2015) que nos indicam existirem respostas positivas a adubações potássicas quer na forma sólida quer na forma líquida.

Produção de grão em kg/ha

Pela análise dos dados (Fig.16) podemos concluir que a produção **não foi afetada significativamente pelas doses de fertilizantes utilizados**. De facto, numa análise mais cuidada nos torna possível detetar qualquer tendência significativa de variação dos resultados em função das doses de fertilizantes aplicadas. Do ponto de vista produtivo a dose **2 de K na forma sólida (P1K2 e P2K2)** é a que apresenta valores mais elevados. Este resultado de difícil explicação face ao facto da dose 4 de K na forma líquida (**P1K4**) ser a que apresenta uma produtividade mais baixa apresentando resultados da mesma ordem de grandeza para a dose (**P1K1**) e dose 0 de potássio e fósforo (**P0K0**).

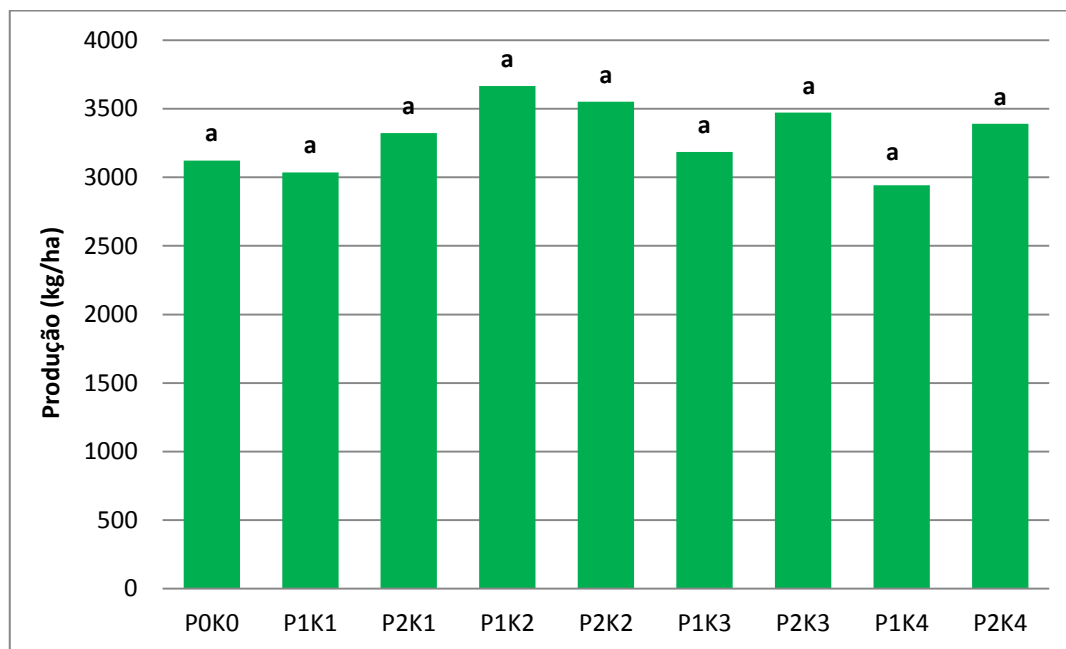


Fig. 16 - Produção (kg/ha)

De salientar que a dose 4 de K (**P1K4**) ao fornecer-nos um resultado mais baixo podemos encontrar explicação para o fato do **K** possuir mecanismos de antagonismo iónico no seu relacionamento com outros Cátions (nomeadamente Mg e Zn), conduzindo a que para a dose mais alta de **K** comecem a verificar-se carências fisiológicas deste macronutriente secundário e micronutriente catião que condicionam a produtividade da cultura. Estes valores são diferentes de outros resultados apresentados por alguns autores que após estudos efetuados nos indicam que em anos normais a adubação foliar com macro e micronutrientes incrementam a produção de grão entre 2 a 13% (Garrido-Lestache *et al.* 2005., Ranjbar e Bahmaniar 2007., Kocon, 2009).

Os resultados da aplicação de potássio em solução foliar são ligeiramente inferiores facto que se pode ser atribuído a uma possível lavagem do nutriente como referido anteriormente.

Massa do hectolitro

Neste parâmetro (Fig.17) podemos verificar que a massa do hectolitro foi **afetada negativamente** quando se utilizou a dose dupla de fósforo (**P2**) com a dose simples de **K** (**P2K1**). Este resultado é **significativamente** relevante quando comparado com o valor mais elevado da massa do hectolitro (**P1K2**). De referir que para as restantes doses de nutrientes utilizadas **não se encontraram valores significativamente diferentes** (**P0K0**), (**P1K1**), (**P2K2**), (**P1K3**), (**P2K3**) e (**P2K4**). Podemos ainda dizer que os **valores produtivos** da massa do hectolitro quando se utilizaram diferentes adubações quer fosfóricas (**P1 e P2**) quer na forma potássica (**K1 e K2**) revelaram-nos muito pequenas diferenças. Para doses semelhantes de potássio, quando se aumenta a dose de fósforo, verifica-se uma ligeira redução da massa do hectolitro para todos os tratamentos.

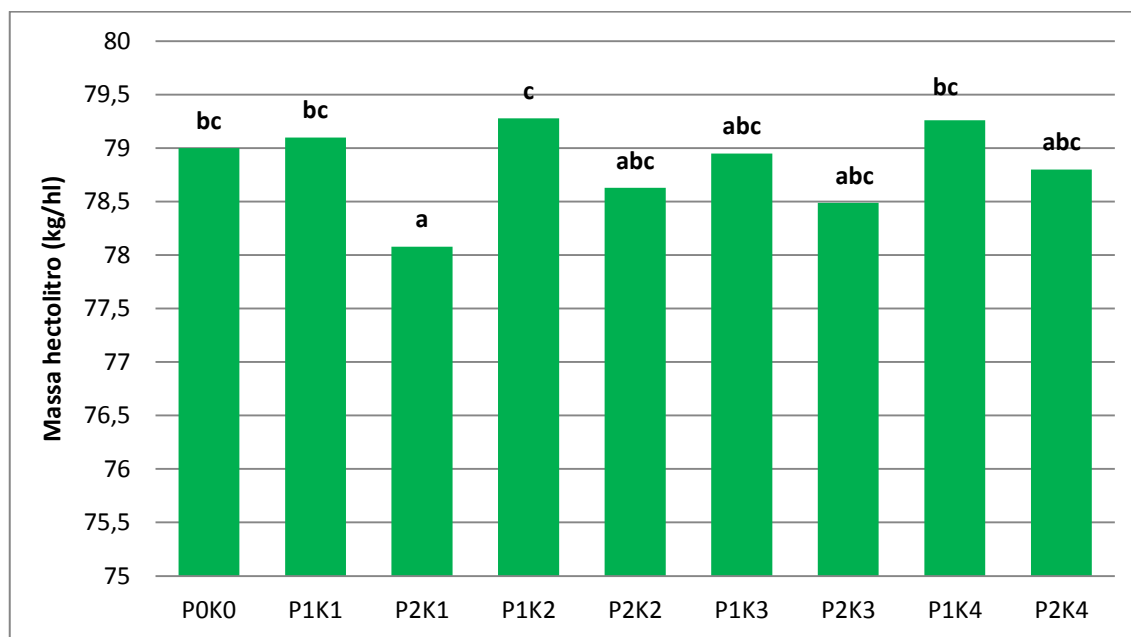


Fig. 17 - Massa do Hectolitro (kg/hl)

Vitreosidade

Não foram observadas diferenças significativas (Fig.18) para as diferentes formas de adubação. Do ponto de vista de qualidade a vitreosidade apresenta valores muito reduzidos. Na

origem desta situação deverão ter estado as chuvas ocorridas no final do mês de maio que provocaram um amolecimento do grão devido ao aparecimento de espaços de ar na matriz amido-proteíca. Esta perda de vitreosidade tem consequências nefastas no fabrico de sêmolas pois produz uma redução significativa no seu rendimento. A menor quantidade de sêmolas traduz um aumento do rendimento em farinha e consequentemente defeitos nas massas alimentares (pontuações brancas). Estes resultados contrariam alguns autores (Safi *et al.* 2016) que após estudos realizados nos indicam que o efeito do potássio aplicado em doses ideais (de 25 a 45 kg/ha) vem aumentar o vigor e rigidez do grão.

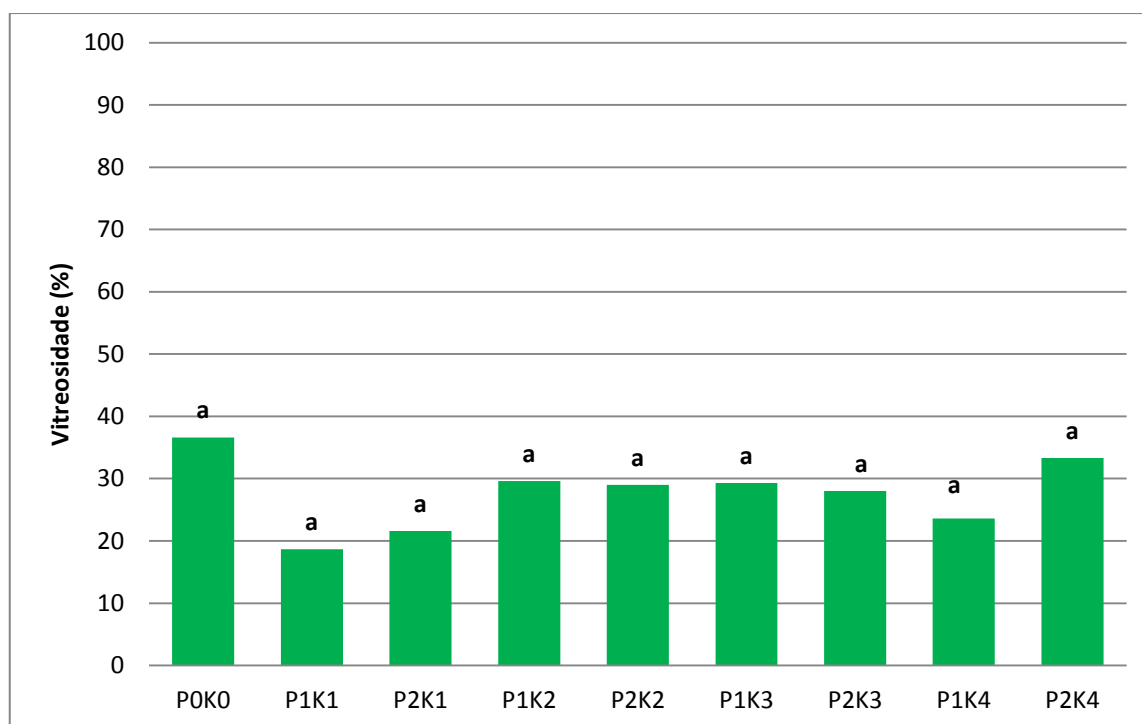


Fig. 18 – Vitreosidade (%)

Proteína

De referir que os resultados em estudo apresentados (Fig.19) para a proteína **não têm diferenças significativas** para todas as modalidades objeto de estudo. Os valores obtidos de proteína são adequados do ponto de vista de qualidade (> 12%). Como curiosidade e de difícil explicação poderemos realçar que o valor mais alto encontrado para a proteína é o referente à modalidade com valores **0 de P e K (P0K0)**.

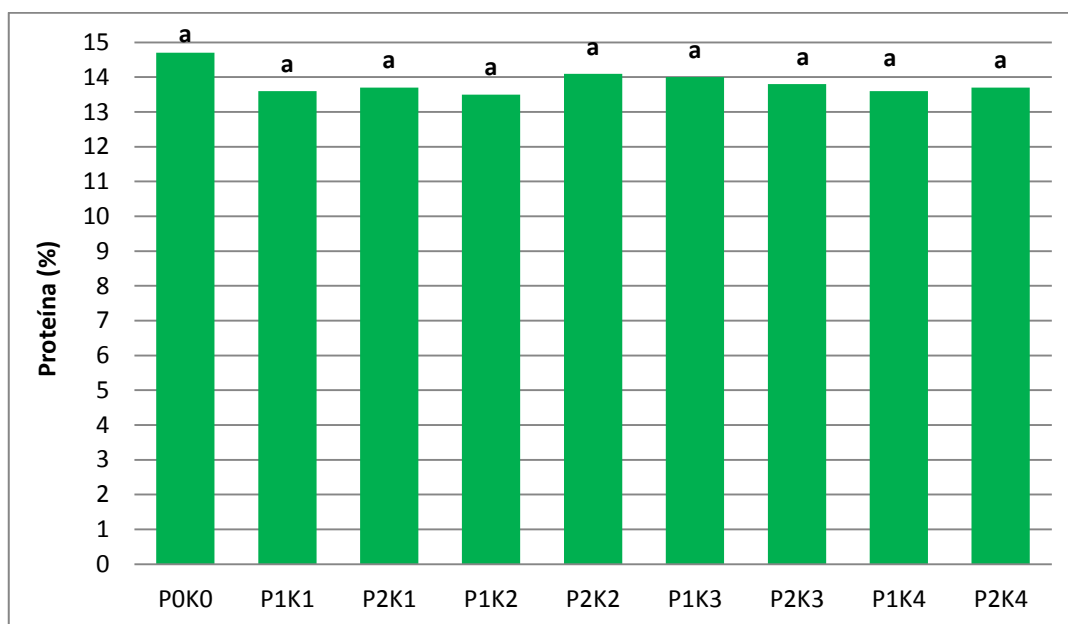


Fig. 19 - Proteína (%)

Cinza

Depois da análise efetuada aos resultados obtidos verificamos **não existirem diferenças significativas** entre eles (Fig. 20). De realçar que valores acima de 1,9% são críticos para a indústria pois afetam o rendimento de extração de sêmolos devido à existência de um limite legal para o teor de cinzas nas sêmolos.

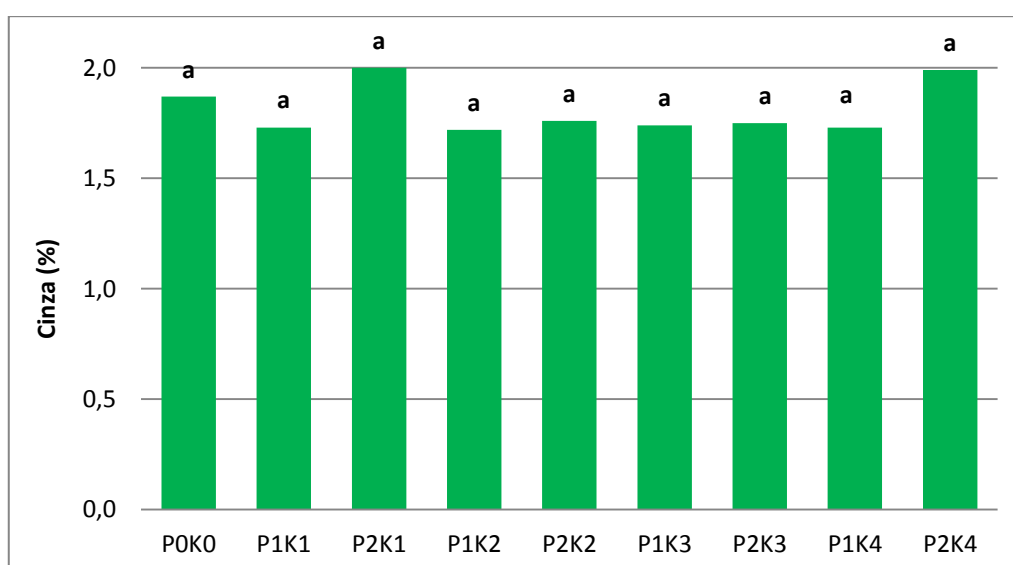


Fig. 20 - Cinza (%)

SDS

O teste de sedimentação, SDS indica-nos a qualidade do glúten. Os valores encontrados variam entre 43,6 e 49 indiciando **fraca resposta deste indicador** de qualidade relativamente aos tratamentos aplicados (Fig.21). Os resultados **não têm diferenças significativas** e confirmam a forte influência do fator genético na expressão desta característica.

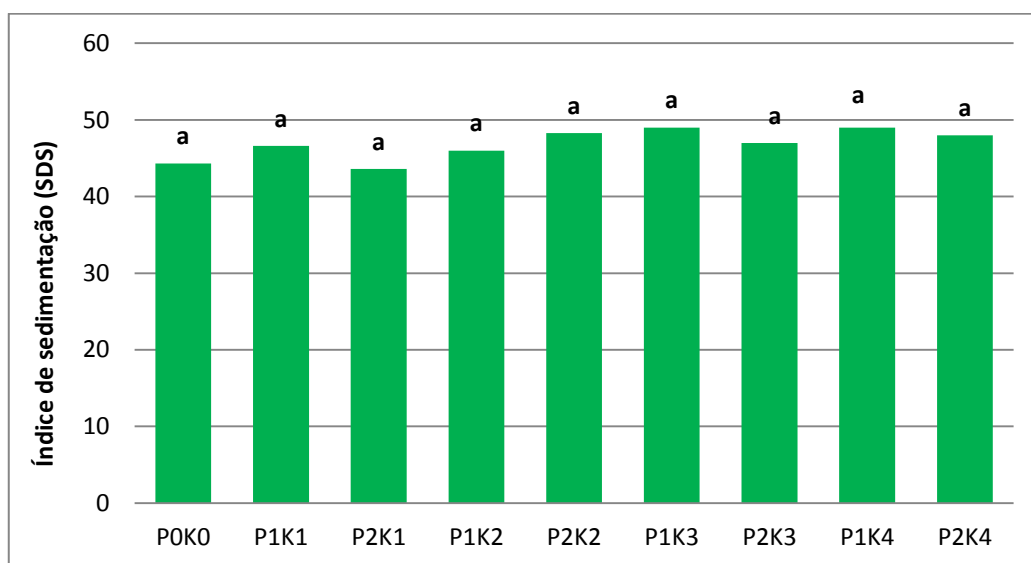


Fig. 21 - SDS

Pigmentos amarelos

Não se observaram diferenças significativas para os diferentes tratamentos. A cor tem grande componente genética estando diretamente relacionada com as cultivares (Fig.22).

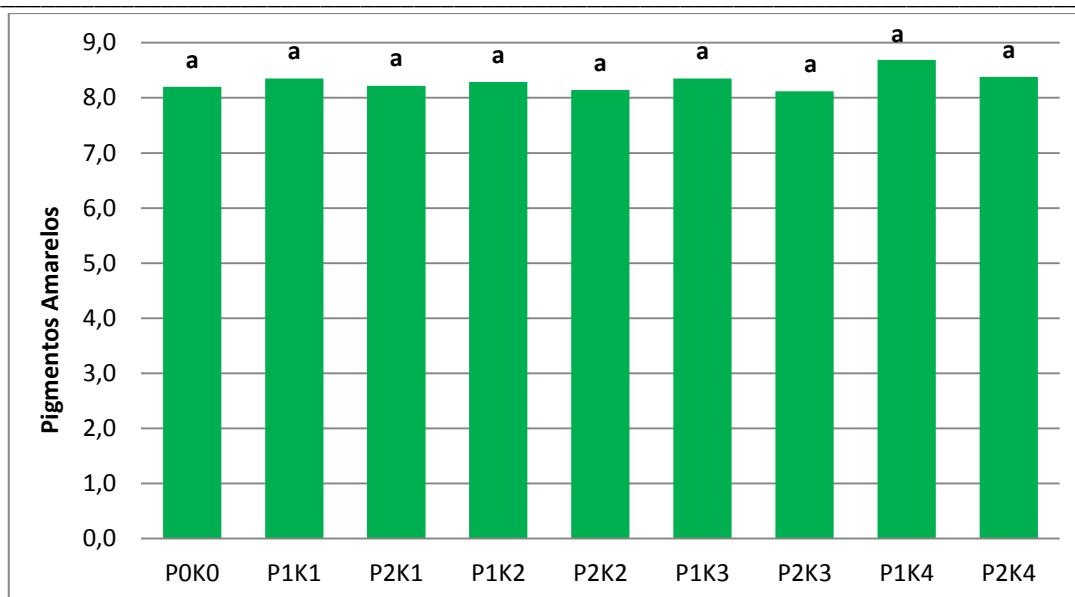


Fig. 22 - Pigmentos Amarelos

5.2. Cevada dística Quench

Pela análise ao nº espigas por m² podemos concluir que para a dose máxima de fósforo e potássio (na formulação líquida) **P2K4** e dobro da dose recomendada na forma sólida (**P2K2**), obtivemos resultados **significativamente superiores** ao de formulação **0 (P0K0)**.

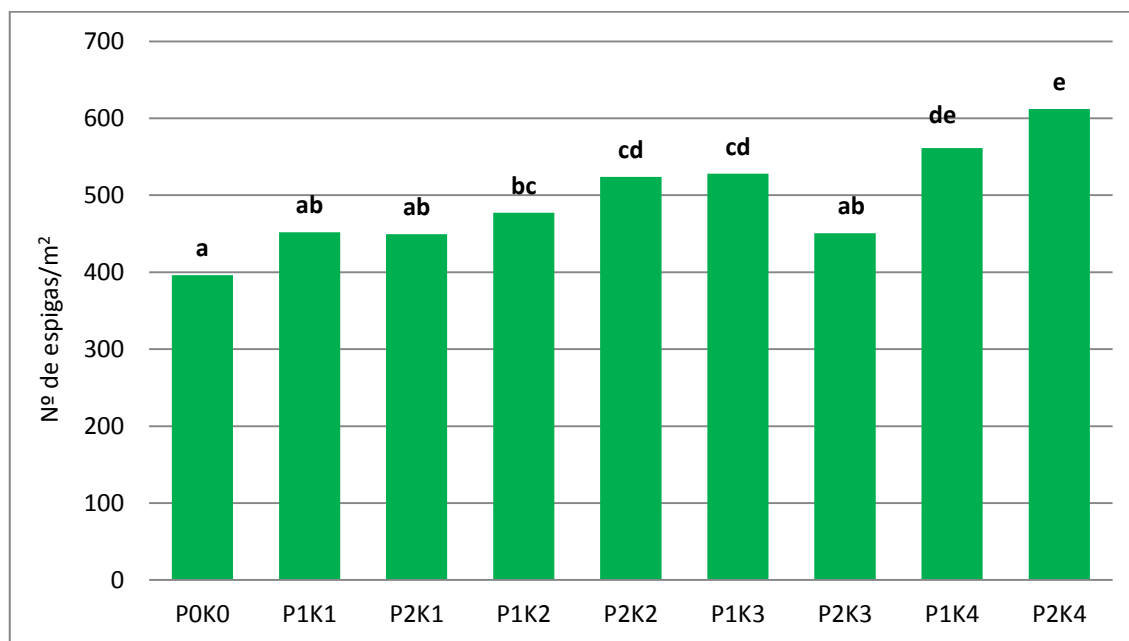


Fig.23 - Número de espigas por m²

Estes valores indiciam resposta à adubação facto que é comprovado estatisticamente pela existência de **diferenças significativas** entre os diferentes tratamentos. O valor mais elevado foi registado para o tratamento **P2K4**, onde a aplicação tardia de potássio pode ter conduzido a maior sobrevivência de filhos nas plantas (Fig.23).

Nº de grãos por espiga

Para o tratamento P0K0 observaram-se valores ligeiramente mais elevados revelando a existência de interação com o número de espigas por m² e comprovando a compensação entre componentes da produção. Os valores registados variaram entre 19 e 23 grãos por espiga **não se observando assim diferenças significativas** (Fig.24).

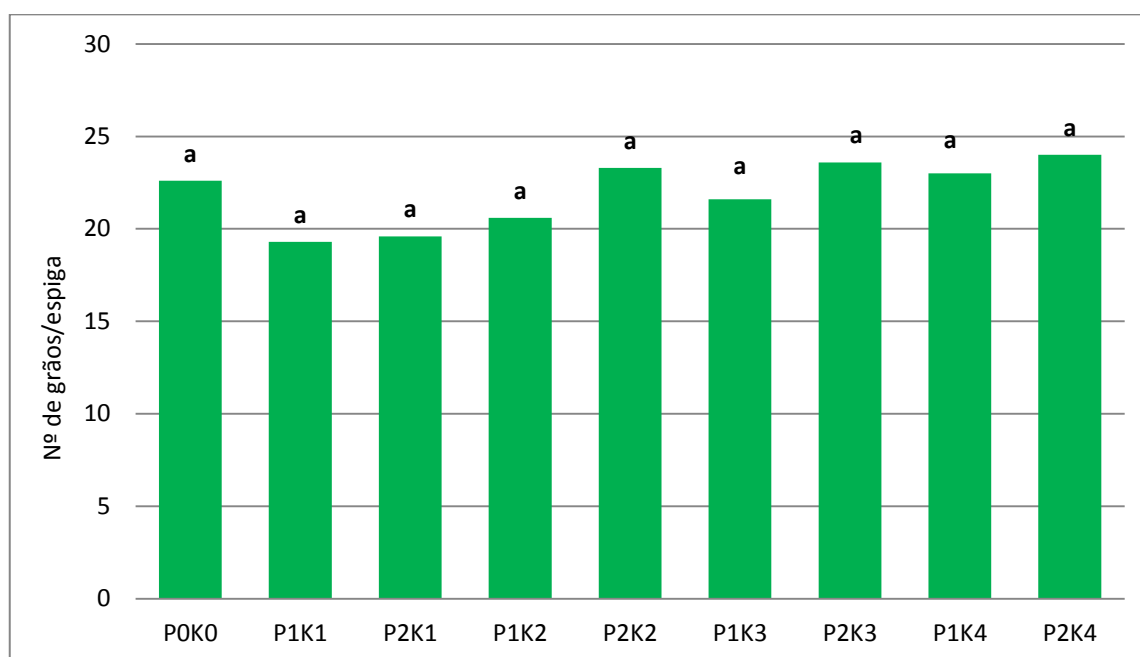


Fig.24- Número de grãos por espiga

Número de grãos por m²

Para este parâmetro **não foram encontradas respostas significativas**, embora com a aplicação foliar de potássio se manifeste uma redução ligeira nos valores (Fig. 25).

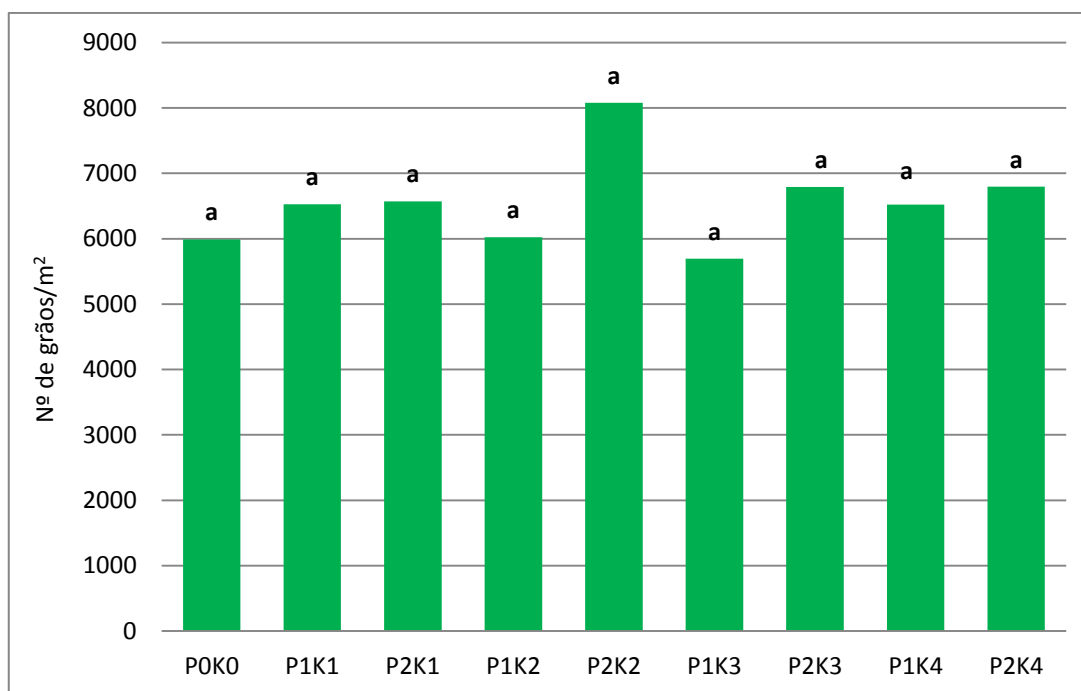


Fig.25 – Número de grãos por m2

Produção de grão (kg/ha)

A produção de grão nesta espécie revela uma ligeira influência negativa da aplicação foliar do potássio, porquanto os valores dos tratamentos com adubo sólido apresentaram uma média de 3344 kg/ha enquanto a produção média para os tratamentos com solução potássica se situou nos 2793 kg/ha. No entanto esta diferença **não foi estatisticamente significativa**.

Apesar dos resultados se referirem apenas a um ano de ensaio, a diferença de produção na ordem destes valores (551 kg) não aconselha a recomendação de aplicações de potássio na forma líquida e nos estádios fenológicos em que os tratamentos foram realizados. Considerando preços médios da cevada que se situem próximos dos 200 euros, a diferença observada é significativa sobretudo quando se considera que as margens líquidas são relativamente baixas para os níveis de produção alcançados (Fig. 26).

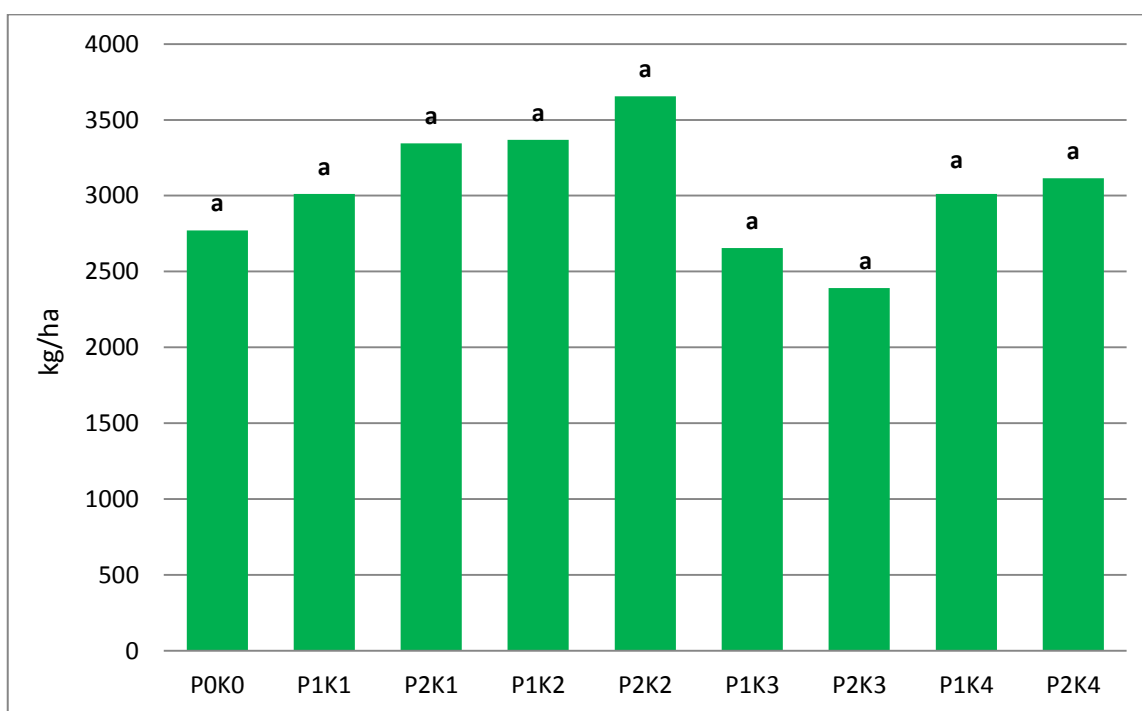


Fig. 26 - Produção por kg/ha

Peso de 1000 grãos (g)

Na cultura da cevada dística para malte o peso e uniformidade do grão é um parâmetro extremamente importante devido à elevada correlação com o rendimento à calibragem. A indústria do malte requer grãos uniformes e bem conformados para garantir energia e rapidez de germinação, assim como elevado rendimento de malte. Os resultados do ensaio **não revelaram diferenças estatisticamente significativas** tendo-se situados em valores aceitáveis pela indústria (Fig.27).

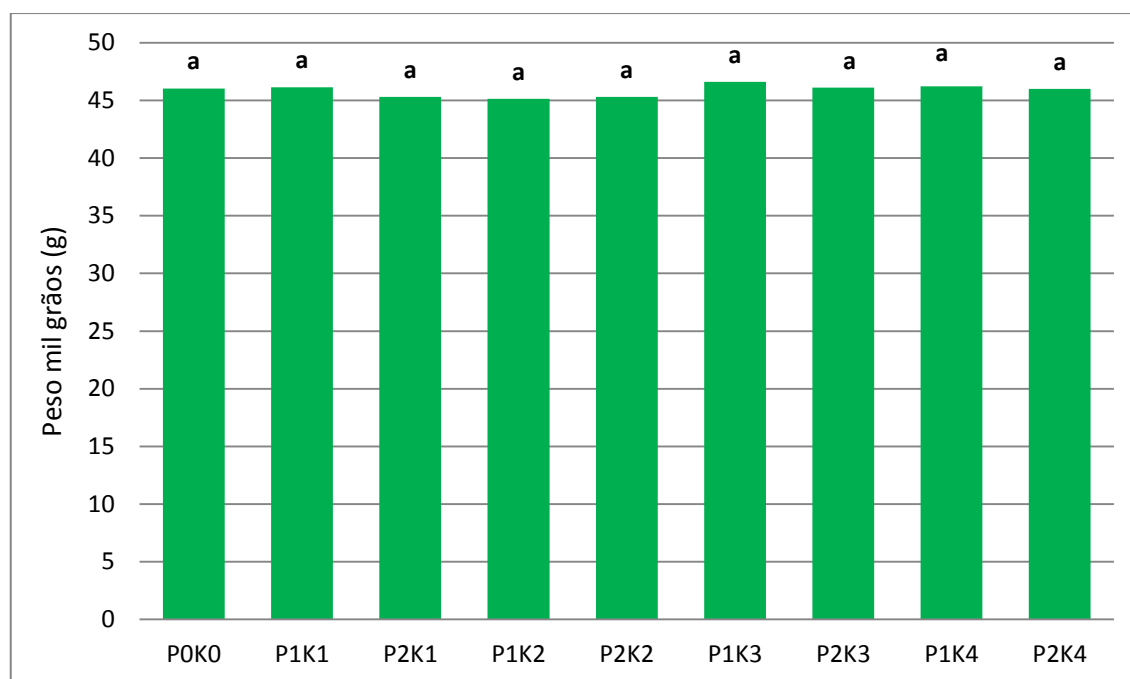


Fig. 27 - Peso de 1000 grãos (g)

Massa do hectolitro

A massa do hectolitro variou entre 67 kg/hl e 69 kg/hl no tratamento **P2K1** e tratamento **P2K3**, tendo a análise estatística revelado que esta diferença é **significativa**. Recordar-se que estes tratamentos só diferem na época de aplicação do potássio. Não tendo sido observado para os outros tratamentos uma tendência similar, resulta difícil encontrar explicação lógica para esta diferença. Os valores observados correspondem às especificações exigidas pela indústria (Fig.28).

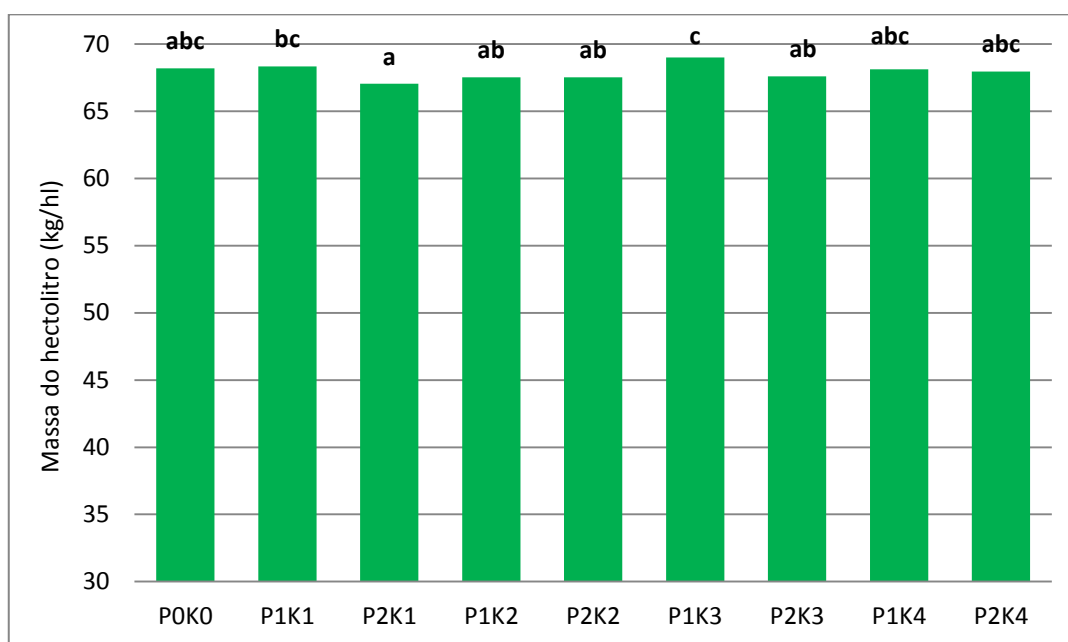


Fig. 28 - Massa do hectolitro (kg/hl)

Proteína

O teor de proteína do grão da cevada para malte é determinante no processo industrial e por este facto existem recomendações agronómicas para que se situem nos valores exigidos (11% a 13%). Os valores do ensaio **não revelaram diferenças estatisticamente significativas** enquadrando-se nos valores referidos.

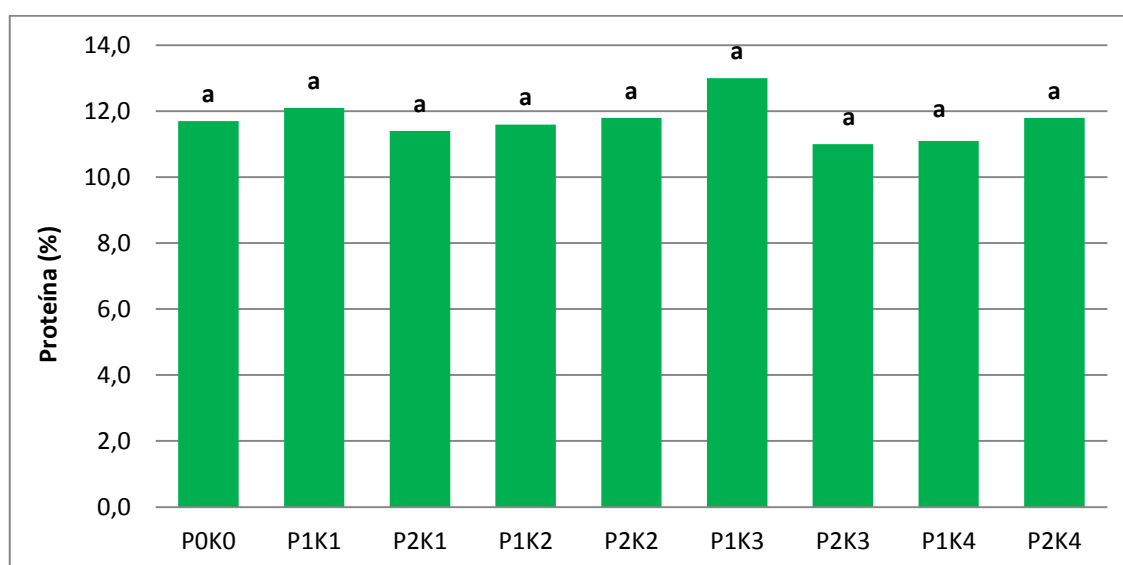


Fig.29 - Proteína (%)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise dos resultados podemos aferir que a produção de grão foi ligeiramente afetada pela aplicação foliar de potássio podendo denunciar alguma carência nas fases iniciais do ciclo de desenvolvimento do trigo duro Marialva e da cevada dística Quench. Os resultados não são, no entanto, conclusivos pois, do ponto de vista estatístico as diferenças não se revelaram significativas. Por outro lado, verifica-se que o fenómeno da compensação é bem marcado entre os componentes da produção.

Verifica-se ainda que houve uma resposta do número de espigas por m² à aplicação de potássio quando as doses de fósforo foram mais elevadas.

A produção de grão foi determinada de forma mais significativa pelo número de grãos/m² uma vez que a variação no peso do grão se manteve em limites muito estreitos. Sendo assim, e nas condições do ensaio, não foram observadas respostas a aplicações de doses crescentes de potássio.

De referir que o objetivo do estudo se enquadra na preocupação de produzir conhecimento que permita tomar decisões de acordo com o problema identificado. A produção de cereais enfrenta desafios ao nível da competitividade que só serão ultrapassados com o afinamento de todo o itinerário técnico da cultura, nomeadamente aquelas que se referem à nutrição das plantas. Com efeito, a influência do ambiente mediterrânico determina limites à produção devido a fatores como o excesso de água no Inverno, as temperaturas elevadas durante o enchimento do grão ou o stress hídrico que pode ocorrer de forma errática em qualquer fase do desenvolvimento. Sendo assim, a margem de intervenção situa-se a todos os níveis e nomeadamente em todos os pormenores que podem afetar a expressão do potencial genético das variedades. O estudo realizado carece de continuação visando reunir resultados obtidos em ensaios multianuais e plurilocais para comprovar ou rejeitar a hipótese colocada.

Bibliografia

- Aguilar,C., Romero, L., Blasco, B., (2016). Assessment of Carbon Metabolism of Cherry Tomato Fruits: How Does Affects Potassium Biofortification During Crop Cycle at Postharvest Storage? European Scientific – search.proquest.com.
- Al-Kaisi, Mahdi., Kwaw-Mensah, D., (2016). Long –Term Tillage and Crop Rotation Effects Soil Carbon and Soil Productivity in Central Iowa. Farm Progress Reports: Vol 2015, Article 11.
- Bazelet, M., y Frizenbaum, S., (1988). Métodos para el analisis de potássio disponible en el suelo y su interpretacion. Boletin especial. Instituto Internacional de la Potasa. Berna, Suiza.
- Botelha, M., Arévalo, L., Mestre, T., Rubio,F.,(2016). Potassium Fertilization Enhances Pepper Fruit Quality. Journal of Plant. Taylor& Francis.
- Cavalcante, V., Prado, R., Almeida, H., (2016). Potassium nutrition in sugar cane ratoons cultured in red latosol with a conservationist system. Journal of Plant, Taylor & Francis.
- Cardoso, J., (1965). Os solos de Portugal. Sua classificação, caracterização e génese. 1 – A Sul do rio Tejo. SEA. DGSA. Lisboa, 285 pp.
- Choi, E., Sukweenadhi, J., Kim, Y., Jung, K.,Koh, S.,(2016).The effects of rice seed dressing with *Paenibacillus yonginensis* and silicon on crop development on South Koreas reclaimed tidal land. Field Crops, Elsevier.
- corn. Agron J 80: 232-242.
- Dathe, A., Postma, A., Postma-Blauw, M., Lynch, J., (2016). Impact of axial root growth angles on nitrogen acquisition in maize depends on environmental condition. Oxford Journals. Annals Of Botany. New Development Robustness and Species Diversity Special Issue. July 29.
- Delchev, G., Dosplatiev, L., Katrandzhiev, N., Stoyanova, A., (2015). Durum Wheat Grain Yield Quality Influenced By Some Mixtures Of Foliar Fertilizers And Combined Herbicides. Comptes rendus de l'Academie bulgare de Sciences. Tome 68, nº 9. Culture des plantes.
- Deryng, D., Elliot,J., Folberth, C., Meulle C.,Pugh, T., Boote, K., Conway, D., Ruane, A., Gerten, D., Jones, J., Khabarov, N., Olin, S., Schaphaff, S., Schimd, E., Yang, H., Roseng Weig, C., (2016). Regional Disparities in Beneficial Effects of Rising CO2 Emissions on Crop Water Productivity. Journal Article. Nature Climate Change (ISSN 1758-678 X., e ISSN 1758-6798).
- Dick, J., Quick, J., (1983). A modified screening test for rapid estimation of gluten strength in early generation durum wheat breeding lines. Cereal Chem. 60: 315-318.
- Dotaniya, M., Meena, V., Basak, B., (2016). Potassium uptake by crops as well a microorganism. Potassium Solubilizing. Springer.
- Dupas,E., Buzetti, Rabêlo, F.,Sart,A., (2016). Carbon and carbon dioxide accumulation by marandu grass under nitrogen fertilizationand irrigation. Revista Ceres. SciELO Brasil.

Fan, H., Zhang, J., Liu, X., Dong, K., Xu, Y., (2016). Effect of different potassium levels on the growth and photosynthesis of sweet sorghum seedlings under salt stress. *Advances in Energy, Environment and Materials Science* – Wang & Zao (Eds).

FAO., (2015). The state of food insecurity in the world.

Foley et al., (2005). Global Consequences of Land use. *Science* 22 Jul. Vol. 309, Issue 5734, pp. 570-574. DOI: 10.1126/science.1111772.

Fullord, A., Culman, S., Mullen, R., Dygert, C., (2016). Corn and soybean response to phosphorus and potassium fertilization in Ohio. -Better crops With Plant, ipni.net.

Gerts, S., Raes, D., (2009). Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agriculture Water Management*. Elsevier.

Garrido – Lestache, E., Lopez – Bellido, R., Lopez – Bellido – L., (2005). Durum wheat quality under Mediterranean conditions as affected by nitrogen rate, timing and splitting, nitrogen forms and sulfur fertilization. *Eur. J. Agron.*, 23: 265-278.

Ghosh, G., Khola, O., Bhattacharyya, R., (2016). Effect of potassium on soil conservation and productivity of maize/cowpea based crop rotations in the north-west Indian Himalayas. *Journal of Mountain, Springer*.

GPP., (2015). *Cadernos de análise e Prospeção CULTIVAR nº2*, Príncipe Editora, Lda. Lisboa

Gregory, P., Crawford, D., McGowan, M., (1979). Nutrient relations of winter wheat. 1. Accumulation and distribution of Na, K, Ca, Mg, P, and N. *J Agric Sci Camb* 93: 485-494.

Heba, M., Mohamed, N., Aya, M., (2016). Nano chitosan – NPK fertilizer enhances the growth and productivity of wheat plants grown in sandy soil. *Spanish Journal of Agricultural Research*. Vol 14, Nº 1. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.

Herrera, J., Rubio, G., Häner, L., Delgado, J., (2016). Emerging and established technologies to increase nitrogen use efficiency of cereals. *Agronomy* – mdpi.com.

Hijbeek, R., van Ittersum, M., Ten Berg, H., Gort, G., (2016). Do organic inputs matter-a meta analysis of additional yield effects for arable crops in Europe. *Plant and Soil, Springer* (2016).

Hu, G., Nicholas, N., Smith, K., Munford, K., (2016). Carbon dioxide absorption into promoted potassium carbonate solutions: A review. *International Journal of Greenhouse Gas Control*. Volume 53, October. Pages 28-40.

Jaiswal, D., Verma, J., Prakash, S., Meena, V., (2016). Potassium as an important plant nutrient in sustainable agriculture: a state of the art. *Potassium solubilizing*, - Springer.

López Bellido, L., (2009). Informe sobre: Cuestiones referentes al sector de herbáceos, más relevantes para la definición de la Política de Seguros Agrarios: Situación actual y tendencias a corto plazo. *Desarrollos Agrotecnológicos Integrados*. Empresa de Base tecnológica de la Universidad de Córdoba. Universidad de Córdoba, 84p.

Khan, A., Inamulhah., Jan, M., Shah, S., Akbar, H., (2015). Level and application method of nitrogene and potassium affect grain yield and quality of wheat. Department of agronomy, University of Agriculture Peshawar, Pakistan.

Kocõn, A., (2009). Foliar top dressing efficiency of winter wheat and rape of chosen fertilizers in optimal fertilization and soil moisture conditions. *Ann. UMCS, Sect. E*, 64 (2): 23-28. (in Polish).

Köppen, W., (1936). *Das geographiche System der Klimate. Handbuch der Klimatologie* (ed. By W. Köppen and R. Geiger), Vol 1 Part C, Pp: 1- 44.

Lalitha, M., e Dhakshinamoorthy, M., (2014). Forms of Soil Potassium - A – Review. *Nacional Bureau of Soil Survey and Land use Planing. Agri.Reviews*, 35 (1): 64-68.

Lepage, M., e Sims, R., (1968). Carotenoide of wheat flour: their identification and composition. *Cereal Chemistry*, 45: 600-604.

Magalhães, A., Rolim, M., Duarte, M., Gerônimo, F., Neto, E., Pedrosa, E., (2016). Macronutrient and sodium contente in maize plants under cassava wastewater fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental*. Vol 20 nº 3 Campina Grande. Março.

McCarl, B., Fernandez, M., Jones, J e Wlodarz, M. (2013). "Climate Change and Food Security." *Current History* 112.750:33.

McRoberts, K., Ketterings, Q., Parsons, D., Hai, T., Quan, N., Ba, N., Niccholson, C., Cherney, D., (2016). Impact of Forage Fertilization With Urea and Composted Cattle Manure on Soil Fertility in Sand Soils of South-Central Vietnam. *International Journal of Agronomy*. Vol 2016, Article ID 4709024, 14 pages.

Meena, S., Swaroop, N., Dawson, J., (2016). Effect of integrated nutrient management on growth and yeld of green gram (*Vigna radiate* L.). Department of Soil Science, Sam Higginbottom Institute of Agriculture. Agricultural Research Communications Centre.

Meena, V., Maurya, B., Verma, J., Aeron, A., Kumar, A., Kim, K., Bajpai, V., (2015). Potassium solubilizing rhizobacteria (KSR): Isolation, identification, and K-release dynamics from waste mica. *Ecological Engineering*– Vol. 81:340–347.

Mengel, K., Kirkby, E., (1987). *Principles of Plant Nutrition*, 4th Edn. International Potash Institute, Horgen, Switzerland.

Moterle,D., Kaminsky, J., dos Santos,R., (2016). Impacto of potassium fertilization uptake by plants on soil clay mineral assemblage in South Brasil. *Plant and soil*. Springer.

Mouhamad, R., Atiyah, A., Iqbal, M., (2016). Behavior of Potassium in Soil. A mini review. *Chemistry Internationa*, reserchgate.net.

Mullins, G., e Burmester, C., (1998) Potassium uptake by crops diring the season, In: Oosterhuis DM and Berkowitz GA (eds) *Frontiers in Potassium Nutrition: New Perspectives on the Effects of Potassium on Physiology of Plants*. Potash and Phospat Institute, Norcross, GA; and Potash and Phospat Institute of Canada, Saskatoon, Canada, pp 123-132.

- Neto, A., Fernandes, M., Vergara, R., (2016). Spatial distribution of the chemical properties of the soil and soybean yield in the field. *Revista Ciência, SciELO Brasil*.
- Norma ISO, 11052, 2006. Durum Wheat Flour and Semolina – Determination of Yellow Pigment Content. International Standardization Organization, p.5.
- Nkebiwe, P., Weinmann, M., Bar-Tal, A., Muller, T., (2016). Fertilizer placement to improve crop nutrient acquisition and yield: A review and meta-analysis.
- Pettigrew, T., (2008). Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean, and cotton. *Physiologia Plantarum*. Vol. 133: 670-681.
- Pooter, H., Buhler, J., van Dusschoten, D., Climent, J., Postma, J., (2012). *Functional Plant Biology*, 39, pages 839-850. CSIRO PUBLISHING.
- Quelhas dos Santos, J., (2001). *Fertilização & Ambiente. Reciclagem Agro-Florestal de Resíduos e Efluentes*. Publicações Europa-América.
- Reis, R., Gonçalves, M., (1987). *Caracterização climática da Região Agrícola do Alentejo – O Clima de Portugal*, Fascículo XXXIV; Instituto de Meteorologia, Lisboa, 225 p.
- Ranjbar, G., Bahmaniar, M., (2007). Effects of soil and foliar application of Zn fertilizer on yield and growth characteristics of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Asian J. Plant Sci*, 6: 1000-1005.
- Roldan, M., - Venialgo, Crispin, A., Gutierrez, N., (2004). Potasio disponible de reserva y energia de reemplazamiento en suelos y el nivel foliar en rye-grass. *Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Cientificas y Tecnologicas 2004*, R: A-072.
- Safi, Z., Khuran, S., Shalizi, M., (2016). Wheat Yield Response To Potassium Sulfate Supplemental Doses In Urban Agriculture of Kabul, Afghanistan. *Asian Journal of Science and Thecnology*. Vol. 7, Issue, 08, pp. 3400- 3405, August.
- Santos, J., (2013). *Agricultura e Ambiente: Papel da tecnologia a das politicas públicas*, in: *O Futuro da Alimentação, Ambiente, Saude, Economia*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Silva, E., Muraoka, T., Franzini, V., (2016). Aproveitamento de nitrogénio de fertilizante e plantas de cobertura pelo arroz de terras altas em Latossolo Vermelho sob plantio direto no Cerrado. *Pesquisa – seer.sct.embrapa.br*.
- Smith, C., Oster, J., Sposito, G., (2015). Potassium and magnesium in irrigation water quality assessment. *Agricultural Water Management*. Volume 157. Pages: 59 – 64.
- Sparks, D., (2000). Bioavailability of soil potassium, D-38-D-52. In M.E. Sumner (ed.) *Handbook of Soil Science*, CRC Press, Boca Raton, FL.

Srinivasa, D., Chikkaramappa, T., (2016). Influence of gradad levels of potassium on balance of NPK and potassium use efficiency of maize crop. International Journal of..., - inflibnetac.in.

Sweeny,D., Granade,G., Eversmeyer, M., Whitney, D., (2000). Phosphorus, potassium, chloride and fungicide effects on wheat yeald and leaf rust severity. J Plant Nutr 23: 1267-1281.

Thornthwaite, C., (1948). An Approach toward a Rational Classification of Climate. Geographical Review 38 (1), Pp: 55-94.

Trocoli, A., Boneli, G., De Vita, P., Fares, C., e Di Fonzo, N., (2000). Durum wheatQuality: A multidisciplinary concept. J Cereal Sci: 99-113.

Tsialtas, I., Shabala, S., Baxevanos, D., Matsi, T., (2016). Effect of potassium fertilization on leaf physiology, fiber yeald and quality in cotton (*Gossypium hisurtum* L.). Field Crop Research, Elsevier.

Varennas, A., (2003). Produtividade dos Solos e Ambiente. Escolar Editora.

Verzeaux, J., Alahmad, A., Habbib, H., Nivelles, E., Roger, D., Lacoux, J., Decocq, G., Hirel, B., Catteron, M., Spichery, F., Dubois, F., Duclerq, J., Tetu, T., (2016). Cover Crops prevent the deleterious effect on nitrogen fertilization on bacterial diversity by maintaining the carbon content of ploughed soil. Geoderma, Volume 281, November, Pages 49-57. Elsevier.

Wakeel, A., Gull, M., Zörb, C., (2016). Potassium for Sustainable Agriculture. Agricultural and Environmental Prospectives, Springer.

Wang, Y., Chen. R., Liu, H., Song, S., (2016). Effects of nano – devises on growth and major elements absortion of hydroponic lettuce.

Xiuyi, Y., Jibiao, G., Chengliang, L., Min, Z., Baocheng, C., Xiaofei, T., Wenkui, Z., Zhiguang, L., Chun, W., (2016). Combine application of polymer choride and urea improved fertilizer use efficiencies, yield and leaf photosynthesis of cotton on saline soil. Field Crops Research, Volume 197, October, Pages 63–73.

Zhang,Z., Chao, M., Wang,S., Bu, J., Li, F., Wang,Q., Zhang, B., (2016). Proteome quantification of cotton xylem sap suggest the mechanisms of potassium-deficiency-induced changes in plant resistance to environmental stresses. Scientific Reports, 6:21060.